



**Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú**

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO FINAL DE GRADO

**TÍTULO: PIEZA ALUMINIO POR ESTAMPACIÓN Y SU MATRIZ PROGRESIVA
(DEFLECTOR DE AIRE DEL DISCO DE FRENO)**

AUTOR: GONZÁLEZ MARTÍN, RAÚL.

FECHA DE PRESENTACIÓN: JULIO, 2016.

COGNOMS: GONZÁLEZ MARTÍN

NOM: RAÚL.

**TITULACIÓ: GRAU EN ENGINYERIA DE DISSENY INDUSTRIAL
I DESENVOLUPAMENT DEL PRODUCTE**

PLA: 2015/16

DIRECTOR: JUAN JOSE ALIAU PONS

DEPARTAMENT: EXPRESSIÓ GRÀFICA A L'ENGINYERIA

QUALIFICACIÓ DEL TFG

TRIBUNAL

PRESIDENT

SECRETARI

VOCAL

DATA DE LECTURA:

Aquest Projecte té en compte aspectes mediambientals: ☐ Sí ☐ No

RESUMEN

En este proyecto se desarrolla el proceso de diseño de una matriz progresiva para producir por estampación el deflector de aire de un disco de freno, una pieza del mundo de la automoción que suelen llevar habitualmente los coches de calle.

Se da una introducción al mundo de la estampación en frío de piezas de metal donde se verán cuáles son las principales operaciones de este proceso.

El objetivo marcado es hacer un profundo estudio a nivel de ingeniería donde iremos sacando las conclusiones del proceso a seguir, así como el material que utilizaremos para estampar y producir la pieza antes de empezar con el diseño de la matriz progresiva.

Con un estudio de viabilidad utilizando en diversas ocasiones cálculos de elementos finitos, llegaremos a la conclusión de si el deflector diseñado es factible o no técnicamente para producir sin que haya ningún problema en la pieza o por el contrario se deberá cambiar algún aspecto del diseño del deflector.

Se analizará y comparará las diferentes propiedades físicas de los materiales para la elección de un material idóneo para nuestra pieza.

Se estudiarán los diferentes procesos de estampación existentes y se elegirá y justificará el proceso seleccionado en base a los requerimientos que tenemos de la geometría de la pieza y de la producción de 650.000ud simétricas anuales.

Se estudiará y diseñará un proceso de conformación del deflector en cuanto a medidas de formato de banda, cálculo del tonelaje necesario para la estampación, el rendimiento de aprovechamiento de la banda, la velocidad de prensado y como no, el proceso de operaciones de conformación del deflector.

Con todos los estudios realizados y la selección de la prensa para nuestro proceso de estampación, se diseña la matriz progresiva que dará forma a nuestra pieza.

Palabras clave (máximo 10):

Automoción	Estampación	Matriz	Diseño
Análisis	Elementos finitos	Progresiva	Materiales
Prensa	Industria		

RESUM

En aquest projecte es desenvolupa el procés de disseny d'una matriu progressiva per produir per estampació el deflector d'aire d'un disc de fre, una peça del món de l'automoció que solen portar habitualment els cotxes de carrer.

Es dóna una introducció al món de l'estampació en fred de peces de metall on es veuran quins són les principals operacions d'aquest procés.

L'objectiu marcat és fer un profund estudi a nivell d'enginyeria on anirem traient les conclusions del procés a seguir, així com el material que utilitzarem per estampar i produir la peça abans de començar amb el disseny de la matriu progressiva.

Amb un estudi de viabilitat utilitzant en diverses ocasions càlculs d'elements finits, arribarem a la conclusió de si el deflector dissenyat és factible o no tècnicament per produir sense que hi hagi cap problema en la peça o per contra s'haurà de canviar algun aspecte del disseny del deflector.

S'analitzarà i compararà les diferents propietats físiques dels materials per a l'elecció d'un material idoni per a la nostra peça.

S'estudiaran els diferents processos d'estampació existents i es triarà i justificarà el procés seleccionat sobre la base dels requeriments que tenim de la geometria de la peça i de la producció de 650.000ud simètriques anuals.

S'estudiarà i dissenyarà un procés de conformació del deflector quant a mesures de format de banda, càlcul del tonatge necessari per a l'estampació, el rendiment d'aprofitament de la banda, la velocitat de premsatge i, com no, el procés d'operacions de conformació del deflector.

Amb tots els estudis realitzats i la selecció de la premsa per al nostre procés d'estampació, es dissenya la matriu progressiva que donarà forma a la nostra peça.

Paraules clau (màxim 10):

Automoció	Estampació	Matriu	Disseny
Anàlisi	Elements finits	Progressiva	Materials
Premsa	Indústria		

ABSTRACT

This project develops the design process of a progressive tooling to produce an air deflector of a disk brake by stamping, automotive part that is used in cars of street.

This is an introduction to the world of cold stamping metal parts where will see which are the main operations of this process.

The marked aim is to do a deep study to level of engineering coming to conclusions of the process to follow, as well as the material that will use to stamp and produce the piece before beginning with the design of the progressive matrix.

We will study the feasibility using in several occasions calculations of finite elements, we will reach the conclusion the part if the deflector designed is feasible or no technically the goal is to be able to produce without any problem or to determine if we will have to change any aspect of the design of the deflector.

We will analyse and compare the different physical properties of the materials to choose a material suitable for our piece.

We will study the different processes of existent stamping methods and we will choose and justify the process selected on the base of the requirements of the geometry of the part and of the production of 650.000ud symmetrical annual.

We will study and design a process to shape the deflector regarding measures of format aside, calculation of the tonnage necessary for the stamping, the performance of exploitation of the band, the speed of pressing and the process of operations of forming of the deflector.

When all the studies have been completed, we will select the press for our process of stamping and designs the progressive tooling that will give shape to our piece.

Keywords (10 maximum):

Automotive	Stamping	Matrix	Design
Analysis	Finite elements	Progressive	Materials
Press	Industry		

ÍNDICE MEMORIA

Introducción.....	1
Capítulo 1: Fundamentos de la estampación.....	2
1.1 Introducción estampación.....	2
1.2 Funcionamiento de una matriz.....	3
1.3. Principales operaciones de deformación en frio de la chapa.....	4
1.3.1 Cortar/Punzonar.....	4
1.3.2 Doblar.....	5
1.3.3 Embutir.....	6
1.3.4 Recortar o Repasar.....	6
1.3.5 Engrapar.....	7
1.3.6 Bordonar.....	7
1.3.7 Enrollar.....	8
Capítulo 2: Descripción de la pieza.....	9
Capítulo 3: Análisis viabilidad.....	11
3.1 Punto de partida.....	11
3.2 Análisis de conicidad.....	12
3.3 Análisis de adelgazamiento.....	15

3.4	Análisis de springback.....	17
3.5	Curvatura mínima del deflector.....	22
3.6	Estudio zonas de arruga.....	23
3.7	Conclusiones.....	28
Capítulo 4: Elección del material.....		29
4.1	Los materiales en la automoción.....	29
4.2	Comparación del acero Vs aluminio.....	30
4.3	Elección y justificaciones de la elección.....	31
4.4	El aluminio como material en la automoción.....	32
4.5	Conclusión.....	33
Capítulo 5: Estudio y elección del proceso de estampación.....		34
5.1	Factores que influyen en la elección.....	34
5.2	Diferentes procesos de estampación.....	38
5.2.1	Estampación manual.....	38
5.2.2	Estampación progresiva.....	40
5.2.3	Estampación transfer automática.....	43
5.3	Elección y justificación del proceso de estampación.....	46
Capítulo 6: Estudio de la matriz.....		47
6.1	Punto de partida.....	47
6.2	Desarrollo del formato final de la banda del deflector de disco de freno.....	47

6.3. Formato.....	48
6.3.1 Formato de la pieza.....	48
6.3.2 Formato de la banda.....	51
6.4 Elección del tonelaje de prensado.....	55
6.5 Rendimiento de la banda en % en cuanto al retal tirado.....	56
6.6 Elección de la velocidad del ciclo de prensado.....	58
6.7 Operaciones proceso conformado del deflector de disco de frenos.....	59
6.8 Dimensiones troquel progresivo para nuestro deflector de disco de frenos.....	67
6.9 Conclusiones.....	68
Capítulo 7: Selección de prensa.....	70
7.1 Introducción a las prensas de estampación.....	70
7.2 Puntos a tener en cuenta en la selección de prensa.....	72
7.3 Prensa seleccionada para la producción.....	72
7.4 Conclusiones.....	74
Capítulo 8: Presupuesto.....	75
8.1 Introducción.....	75
8.2 Costes Ingeniería.....	77
8.3 Costes Producción.....	79
8.4 Puesta en marcha matriz.....	79
8.5 Amortización.....	80

Capítulo 9: Conclusiones.....	81
9.1 Conclusiones sobre el proyecto.....	81
9.2 Valoración personal.....	82
Capítulo 10: Bibliografía.....	83
10.1 Libros de texto.....	83
10.2 Páginas web.....	84

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Piezas estampadas en frío.....	3
Figura 2. Prensa estampación en frío.....	4
Figura 3. Acción corte/punzonar.....	5
Figura 4. Acción doblar.....	6
Figura 5. Acción embutir.....	6
Figura 6. Acción recortar o repasar.....	7
Figura 7. Acción engrapar.....	7
Figura 8. Acción bordonar.....	7
Figura 9. Acción enrollar.....	8
Figura 10. Deflector aire disco de frenos.....	9
Figura 11. Ejemplo deflector aire disco de frenos en coche de calle.....	10
Figura 12. Con el análisis sabremos si sale favorable o desfavorable para la producción de la pieza.....	12
Figura 13. Resultado del análisis de conicidad.....	13
Figura 14. Medición de algunos puntos manualmente para saber sus grados exactos sobre la vertical.....	14
Figura 15. Leyenda análisis adelgazamiento.....	15
Figura 16. Resultado del análisis de adelgazamiento.....	16
Figura 17. Leyenda análisis springback.....	18
Figura 18. Zonas análisis springback.....	19
Figura 19. Nube de puntos análisis springback.....	20
Figura 20. Punto curvatura mínimo.....	22
Figura 21. Leyenda análisis zona de arrugas.....	24
Figura 22. Zonas análisis zona de arrugas.....	25
Figura 23. Nubes de puntos análisis zona varias de arrugas.....	27
Figura 24. Resultado apto del estudio del deflector de disco de frenos.....	28
Figura 25. Geometría de nuestro deflector.....	35
Figura 26. Medidas de nuestro deflector.....	36
Figura 27. Operario alimentando formato en prensa manual.....	38
Figura 28. Operario iniciando proceso en prensa manual.....	39
Figura 29. Módulos troquel manual.....	39
Figura 30. Alimentador bobina en progresivo.....	40
Figura 31. Banda formato en progresivo.....	41
Figura 32. Diferentes tipos de bandas estampadas progresivas.....	42
Figura 33. Detalle de la garra.....	43
Figura 34. Barra de garras transfer.....	44
Figura 35. Detalle rampas evacuación grandes retales.....	44
Figura 36. Módulos fundición troquel transfer.....	45
Figura 37. Detalle barras transfer fuera de la prensa.....	46
Figura 38. Medidas deflector aire disco de frenos.....	48
Figura 39. Formato de la pieza diferentes vistas.....	50
Figura 40. Medidas formato de la pieza.....	50
Figura 41. Medidas fleje de la pieza.....	52
Figura 42. Situación formato banda a 1p/g que no cogemos como opción.....	53

Figura 43. Situación formato banda a 2p/g elegido para nuestra producción.....	54
Figura 44. Operación Op10, Op20 y Op30.....	59
Figura 45. Operación Op40.....	60
Figura 46. Operación Op50.....	60
Figura 47. Operación Op60.....	61
Figura 48. Operación Op70.....	61
Figura 49. Operación Op80.....	62
Figura 50. Operación Op90.....	62
Figura 51. Operación Op100.....	63
Figura 52. Operación Op110.....	63
Figura 53. Operación Op120.....	64
Figura 54. Operación Op130.....	64
Figura 55. Proceso de estampación diseñado.....	66
Figura 56. Prensa mecánica.....	71
Figura 57. Prensa hidráulica.....	71
Figura 58. Ficha técnica modelo prensa seleccionada.....	73

Introducción

En este proyecto he realizado el desarrollo de una matriz progresiva para una pieza del mundo de la automoción, un deflector de aire de un disco de freno.

Me gusta el mundo de la industria y aprovechando la ocasión quise hacer algo relacionado con uno de los temas que me gustan como son los coches y la automoción en general.

El objetivo del proyecto trata de analizar en profundidad la viabilidad de la pieza a fabricar para evitar futuros problemas y de esta manera ahorrar los costes que esto supondría para evitar la búsqueda de soluciones posteriores y la ralentización de lo que sería un proceso de fabricación, trazando una línea a seguir conforme vamos avanzando con los estudios, análisis y elecciones que dentro de este proyecto realizo. De esta manera una vez seleccionados los aspectos necesarios bajo justificación, procedo al diseño de la matriz progresiva.

CAPÍTULO 1:

FUNDAMENTOS DE LA ESTAMPACIÓN

1. Fundamentos de la estampación

1.1 Introducción estampación

Definición: El estampado de metales o estampación es un tipo de proceso de fabricación por el cual se somete un metal a una carga de compresión entre dos matrices. La carga puede ser una presión aplicada progresivamente o una percusión, para lo cual se utilizan prensas y martinetes.

Si la temperatura del material a deformar es mayor a la temperatura de recristalización se denomina estampación en caliente, y si es menor se denomina estampación en frío.



Figura 1. Piezas estampadas en frio

1.2 Funcionamiento de una matriz

El funcionamiento básico de una matriz se fundamenta en la capacidad de transformación que está sometida una chapa plana por tal de obtener una pieza con forma geométrica propia.

La matriz por su funcionamiento siempre tiene que estar montada en una prensa. La placa base inferior se fija a la bancada fija de la prensa y la parte superior formada por la contra placa se fija a la bancada móvil de la prensa. Cada vez que la prensa realiza un ciclo de trabajo, su parte superior o móvil se mueve hacia abajo hasta que los punzones tocan con la chapa y la cortan o la conforman según la forma que tenga en punzón y la matriz.

Una vez realizado el ciclo de trabajo, la pieza se deposita en un contenedor para su almacenaje. Este proceso se repite continuamente y dará lugar a una serie de piezas de iguales dimensiones y características.

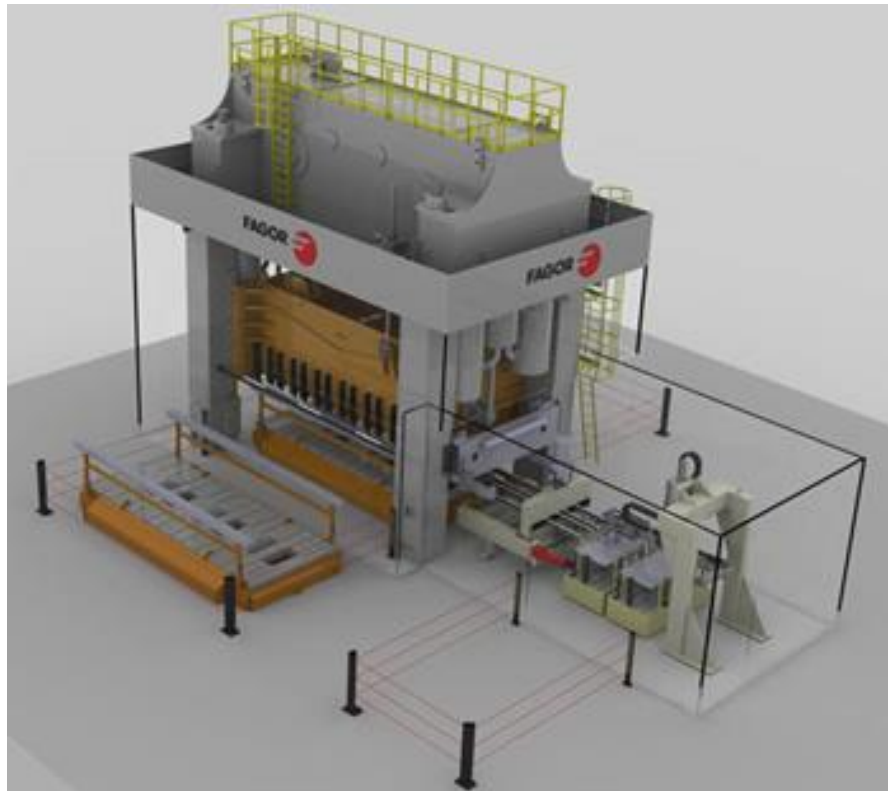


Figura 2. Prensa estampación en frío

1.3. Principales operaciones de deformación en frío de la chapa

La deformación en frío de la chapa requiere una serie de operaciones con las cuales se transforma el material hasta conseguir la forma que se buscaba.

Estas operaciones tienen lugar en prensas dotadas de un movimiento vertical alternativo que a su vez transmiten a las matrices montadas en sus bancadas.

Se entiende por deformación a toda operación que por medio de una matriz o utillaje tiene por finalidad la transformación de una chapa plana con objeto de obtener una pieza de geometría propia.

Las principales operaciones de transformación utilizadas y conocidas en la industria de la transformación en frío de la chapa son: Cortar/Punzonar, doblar, embutir, recortar o repasar, engrapar, bordonar y enrollar.

1.3.1 Cortar/Punzonar

La única diferencia entre cortar y punzonar, es la de que cortar se refiere cuando se corta un contorno de la pieza y la operación la de punzonar se refiere cuando cortamos dentro de la chapa, que es cuando hablamos de hacer

un agujero.

La operación de cortar/punzonar es una de las más comunes en el campo de la transformación de la chapa y se entiende como la separación completa de una

parte del material de la chapa por medio de la cizalla o del punzón.

En las matrices de corte se ha de aplicar las tolerancias de corte idóneas a cada tipo de chapa y a su resistencia. El tratamiento térmico que se aplica a los punzones de corte es muy importante y si el tratamiento se aplicado bien el rendimiento de la matriz será más óptimo.

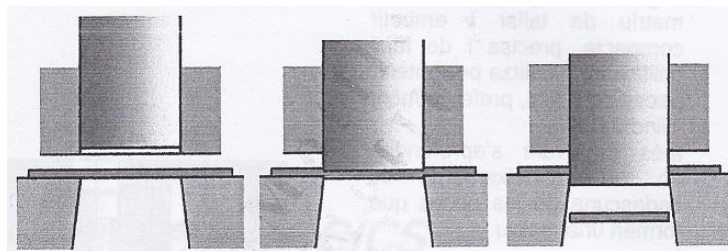


Figura 3. Acción corte/punzonar.

1.3.2 Doblar

La operación de doblar consiste en realizar la deformación de la chapa por medio de un punzón y una matriz hasta obtener una pieza de acuerdo con las medidas del plano.

En este tipo de operaciones se ha de tener en cuenta los factores que puedan influir sobre la forma de la pieza como por ejemplo la elasticidad del material, los radios interiores y los ángulos de doblez.

Para la obtención de un buen doblez es muy importante:

Que los radios interiores del doblez sean como mínimo del mismo grosor del espesor de la chapa.

Que las superficies de los punzones y la matriz que estén en contacto con la chapa para hacer el doblez, estén lo más finas y pulidas posible para que la chapa deslice lo mejor posible.

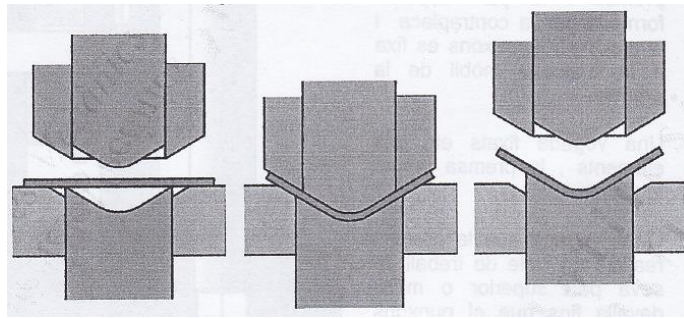


Figura 4. Acción doblar.

1.3.3 Embutir

La operación de embutir es muy parecida a la de doblar aunque en este caso no se reduce el grosor de la chapa.

El proceso puede ser realizado en una o en varias fases para conseguir la forma de embutición deseada. Esta operación es una de las más difíciles de realizar ya que intervienen varios factores que añaden dificultad a la transformación de la chapa en una pieza vacía como puede ser la calidad y grosor del material, la orientación de las fibras, los radios del punzón y la matriz, los diámetros y la profundidad de la embutición, la fuerza del pisador encima de la chapa, la velocidad de embutición y la lubricación de la chapa.

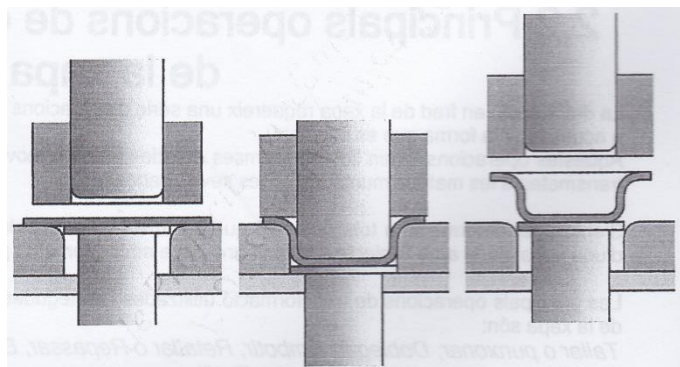


Figura 5. Acción embutir.

1.3.4 Recortar o Repasar

Esta operación es igual que la de cortar, se diferencia en que en este caso el recortar se hace para mejorar el acabado de la pieza y minimizar aristas que se

producen en una operación de corte. El recortar se produce en el contorno de la pieza y el repasar en agujeros que ya han sido hechos en la pieza.

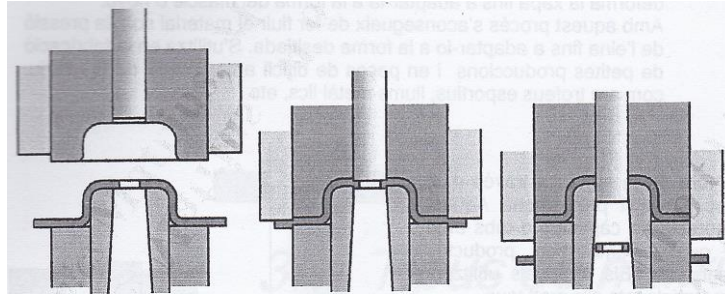


Figura 6. Acción recortar o repasar.

1.3.5 Engrapado

Esta operación consiste en unir los extremos de dos piezas de chapa o de sus bordes con la finalidad de conseguir un cierre lo más hermético posible entre ellas. Se utiliza mucho para sellar tapas de recipientes que tienen que contener líquidos o aceites.

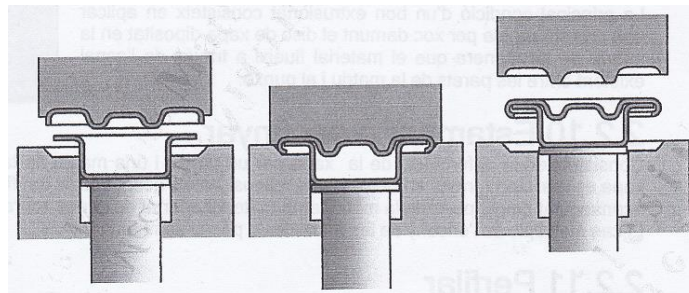


Figura 7. Acción engrapar.

1.3.6 Bordonar

La operación de bordonar consiste en enrollar o dar forma rizada o círculo al borde de un recipiente circular de chapa. Algunas de las aplicaciones son el bordonar los envases metálicos para refrescos o bidones de aceites o grasas.

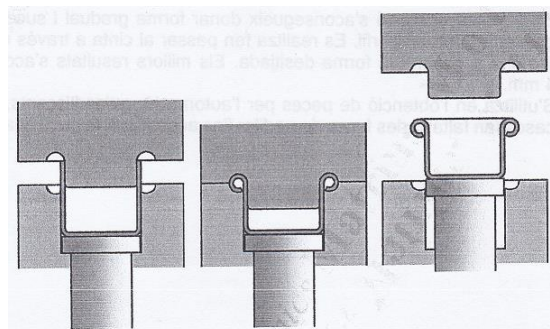


Figura 8. Acción bordonar.

1.3.7 Enrollar

Para la operación de enrollar consiste en conformar el extremo de una chapa plana hasta darle una forma redondeada de tal manera que quede totalmente formando un rizo o círculo de aproximadamente 360°.

Es muy parecido al bordonado pero se diferencia en que en este caso se hace en los extremos de la chapa y no en los bordes de un cuerpo cilíndrico.

Este tipo de operaciones se suelen realizar de un solo golpe y siempre se obtienen mejores resultados cuando las chapas tienen un grosor inferior de 3mm.

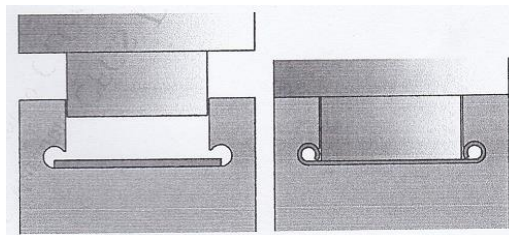


Figura 9. Acción enrollar.

CAPÍTULO 2:

DESCRIPCIÓN DE LAPIEZA

2. Descripción de la pieza

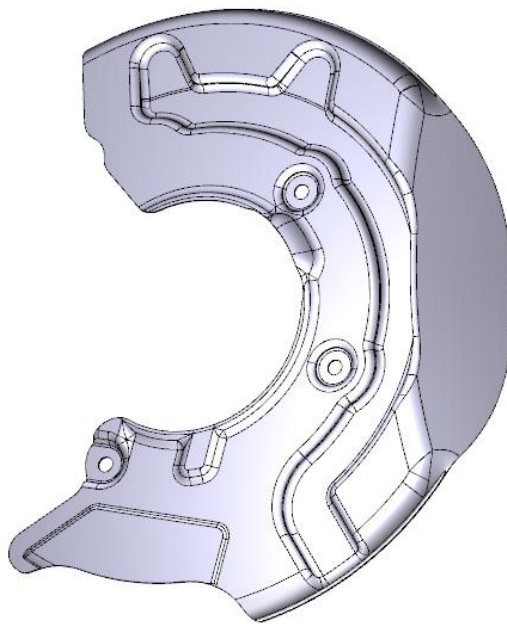


Figura 10. Deflector aire disco de

Nuestra pieza, el deflector de aire del disco de freno deflector mide 291Ø x 0,75mm de espesor.

El deflector está situado justo detrás del disco de freno en el interior, es por ello que si cambiamos una rueda quizás si no nos fijamos no nos demos cuenta de que está.

La función de esta pieza en nuestros coches es la de aislante ya que ayuda a que el disco de freno esté resguardado y separado del calor que en el vano motor hay, generado por el motor térmico de combustible que desprende una temperatura en su funcionamiento. No nos interesa que el disco esté caliente sin utilizarlo ya que al frenar el propio rozamiento de las pastillas con el disco de freno ya genera un calor por el fregamiento y si tuviéramos que frenar constantemente muy fuerte se podría producir un sobrecalentamiento de los discos de freno los cuales perderían efectividad en la frenada por este motivo es importante mantener los discos separados del calor por seguridad.

Además el deflector hace una doble función y es la de airear la zona, gracias a su diseño el aletín doblado que tiene hace que el aire circule atravesando el disco de freno y por lo tanto enfriándolo.



Figura 11. Ejemplo deflector aire disco de frenos en coche de calle

CAPÍTULO 3:

ANÁLISIS VIABILIDAD

3. Análisis viabilidad

3.1 Punto de partida

Antes de empezar con el estudio y desarrollo del proyecto de la matriz, tenemos que verificar que la pieza que vamos a fabricar es totalmente apta según su diseño para producirse.

En el mundo de la estampación de chapa, es fundamental saber de la pieza que conicidad mínima tiene, que adelgazamiento tendrá por el golpe de la prensa, que springback sufrirá, si saldrán arrugas en el material y de salir en que zonas serán, entre otros datos más...

Si del análisis que realicemos sale algún punto negativo o crítico para su producción, tendremos que solucionar el problema cambiando el diseño de la pieza.

A continuación comenzaremos con dicho análisis con el programa Cimatron de su módulo de chapa, en el apartado de elementos finitos.

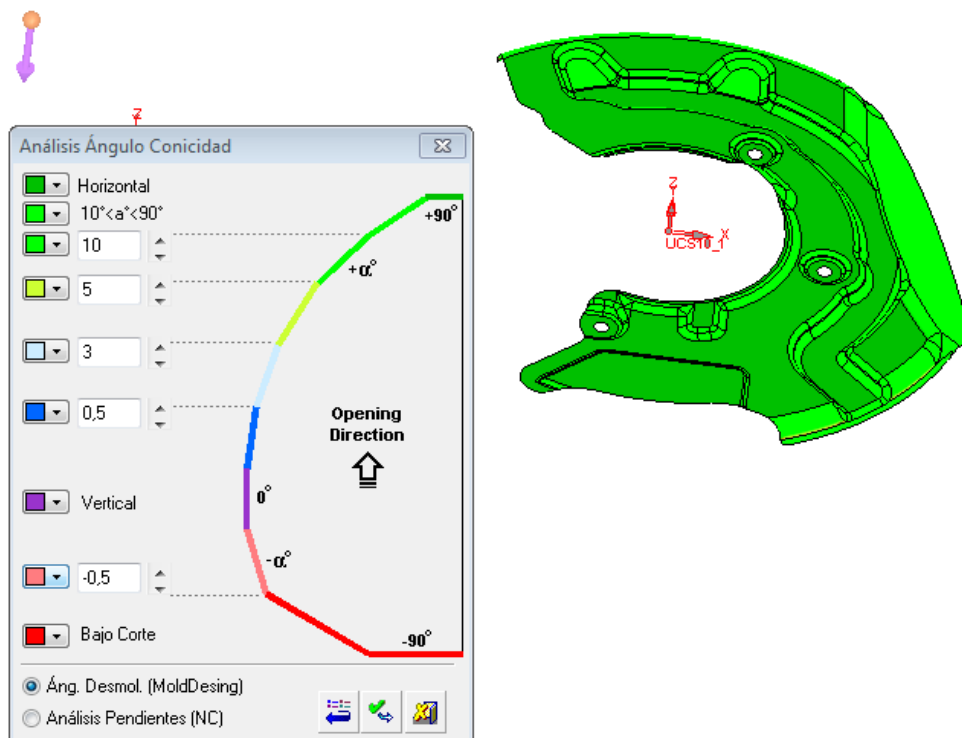


Figura 12. Con el análisis sabremos si sale favorable o desfavorable para la producción de la pieza.

3.2 Análisis de conicidad

Este análisis nos proporciona la información de posibles problemas que podamos tener si la pieza presentase alguna zona donde tuviera ángulos negativos.

Los negativos son aquellas partes de la pieza que no se podrían conformar puesto que los punzones no podrían hacer el recorrido de entrar y salir sin dañar la pieza.



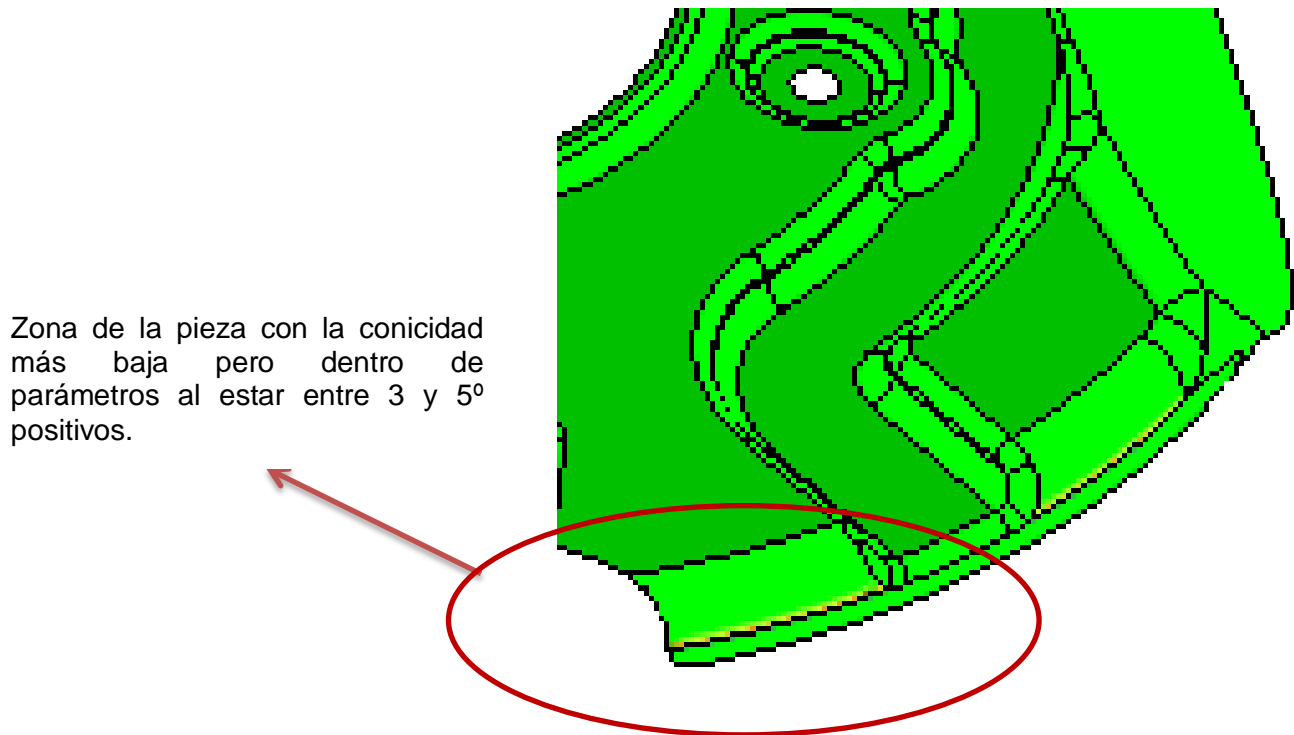


Figura 13. Resultado del análisis de conicidad

En la ventana de información del programa, vemos una escala donde se diferencia por colores el grado de conicidad siendo el verde oscuro el ángulo mínimo y siendo el color rojo oscuro el ángulo que no se podría conformar.

En el resultado vemos que prácticamente toda la pieza está en el rango de color verde por lo que no tendríamos ningún problema, únicamente hay una zona de la pieza que sale el análisis en un color verde/amarillo que nos indica que estamos en un rango de entre 5 y 3º pero que no será ningún problema.

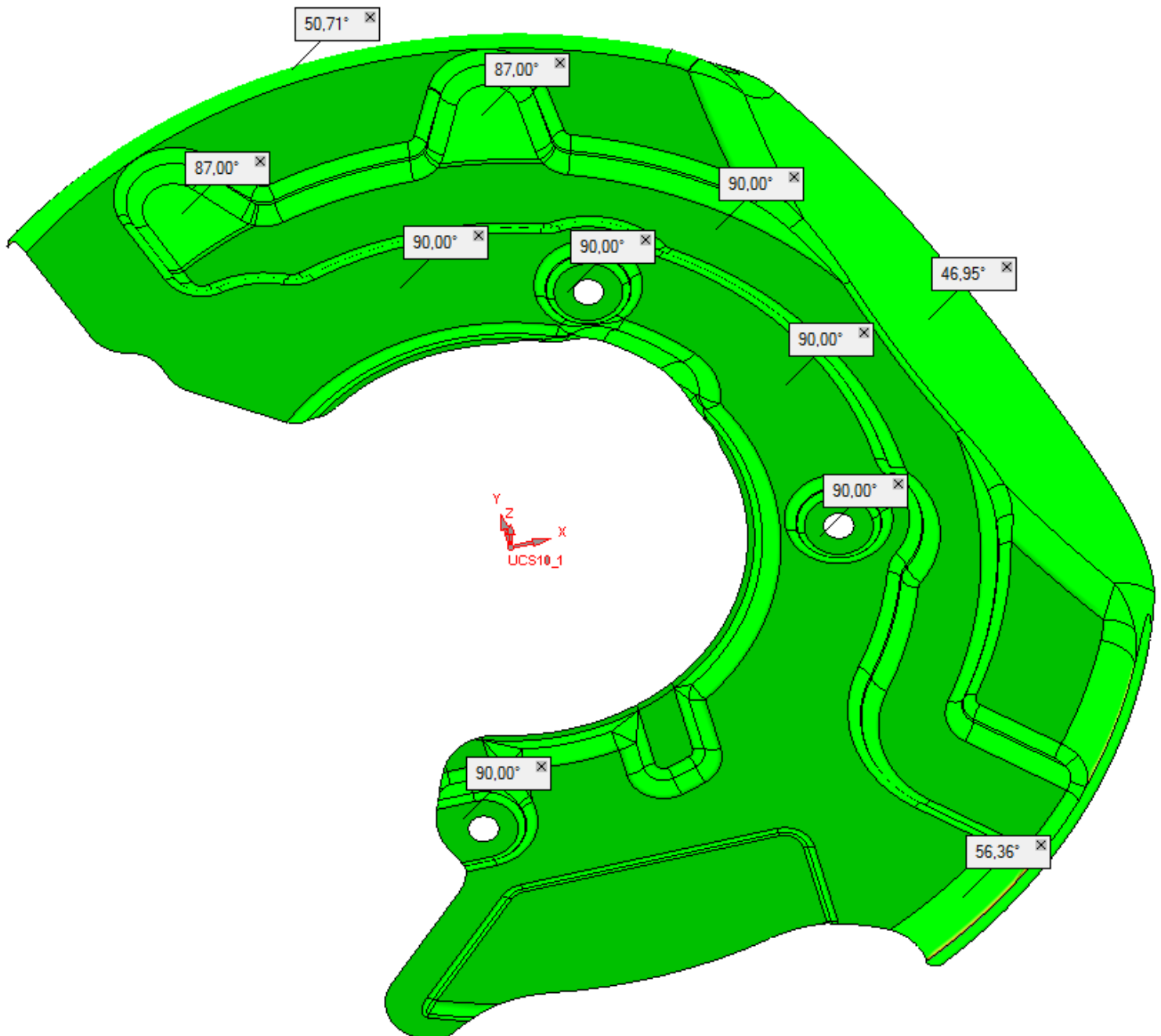


Figura 14. Medición de algunos puntos manualmente para saber sus grados exactos sobre la vertical

Por lo tanto el análisis de la conicidad de la pieza nos desprende un resultado positivo para poder fabricar.

3.3 Análisis de adelgazamiento

En este análisis vamos a buscar cómo se comporta la chapa por el prensado al cual será sometido. Si encontráramos unos valores fuera de rango de seguridad, estaríamos en una zona que correríamos el peligro de que rompiera por espesor muy frágil o que directamente ya haya roto.

Partimos de dos datos que sabemos de entrada, el espesor de la pieza será de 0,75mm y el material será de aluminio. Además estudiando la geometría que tiene, donde más tonelaje de prensado vamos a necesitar será en el relieve interior ya que la chapa tendrá que fluir hacia abajo y es posible que en este punto la chapa se adelgace demasiado.

En el análisis de adelgazamiento el factor de medición utilizado es el porcentaje, con él sabremos que partiendo de la base que la pieza tiene que hacer 0,75mm de espesor que porcentaje se está adelgazando en cada punto, en la escala utilizada el adelgazamiento lo vemos marcado desde un tono verde hasta llegar a un tono rojo.

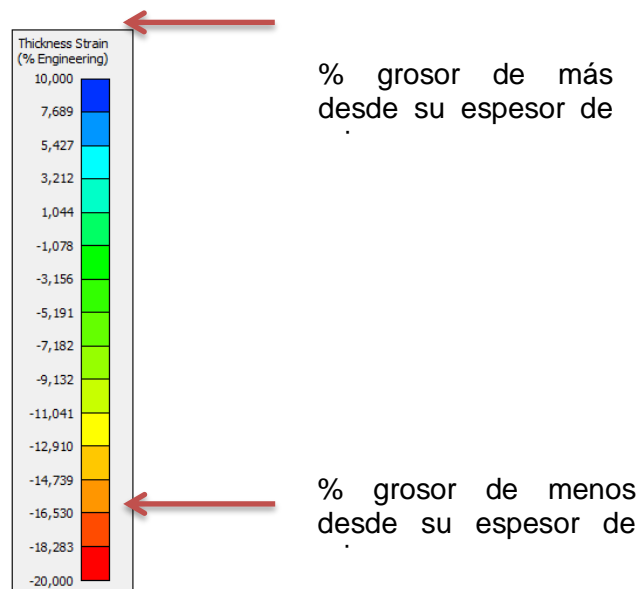


Figura 15. Leyenda análisis adelgazamiento

Cabe la posibilidad que la pieza en lugar de adelgazarse se engruese por la fluctuación del material al estamparlo, es por ello que en la escala del factor de medición también hay un porcentaje en positivo marcado desde azul oscuro a verde claro.

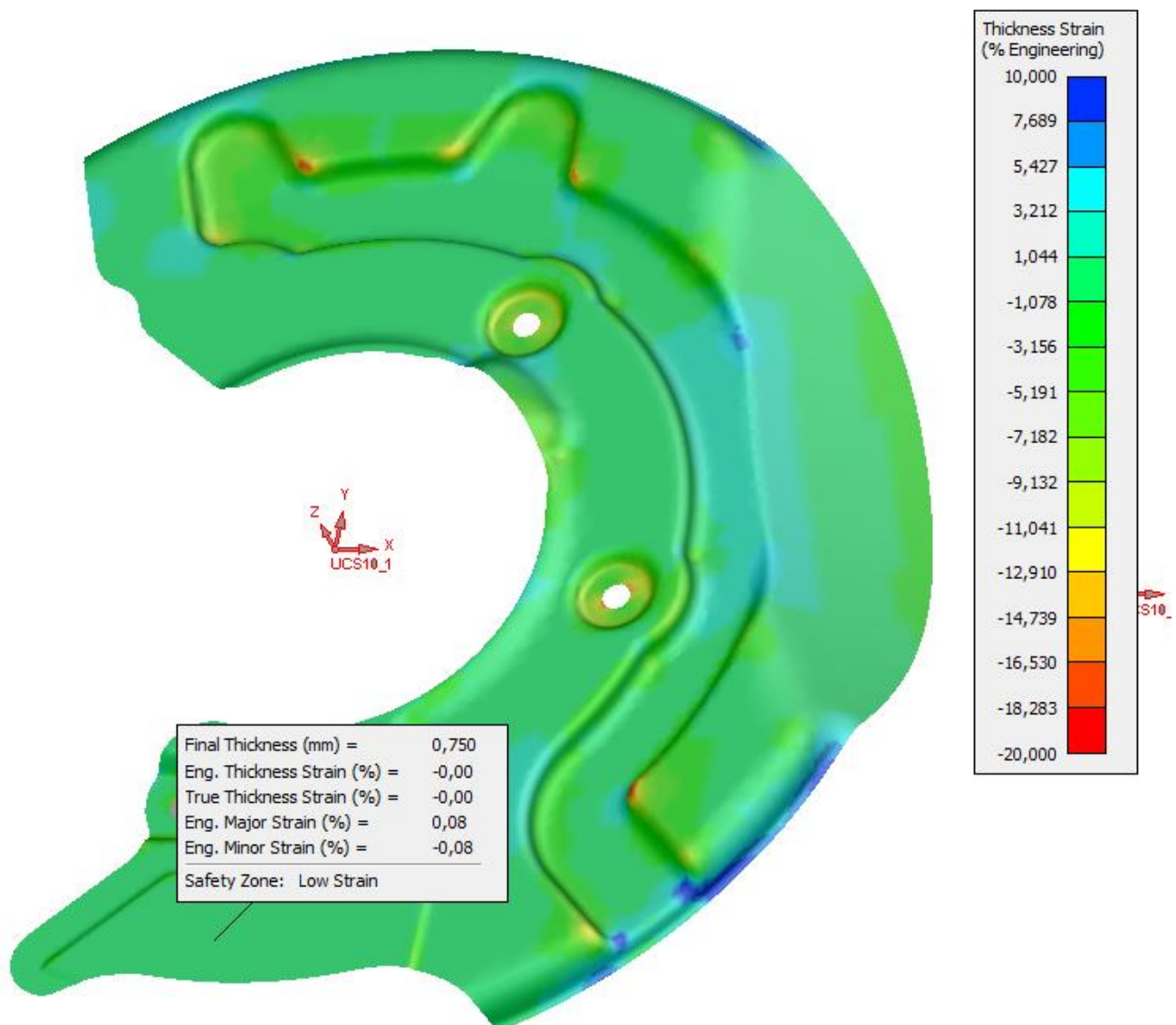


Figura 16. Resultado del análisis de adelgazamiento

En el análisis de adelgazamiento vemos que la mayoría de zonas de la pieza están en la escala entre el rango turquesa y verdoso por lo que nos da la información de que el espesor prácticamente no a variado a penas.

En el análisis también nos aparece en la escala de color azul que el material se engruesa un poco en esa zona, pero no nos va a suponer ningún problema y no vamos a tomar ninguna solución preventiva porque no es una zona donde nos varíe alguna tolerancia importante como podría ser un agujero o una zona de contacto.

Nos centramos en las zonas donde el análisis nos da en rojo por lo tanto nos está diciendo que el espesor se ha adelgazado bastante y es posible que se genere una rotura. Si nos fijamos es en las esquinas interiores donde se realiza el relieve interior, por lo que nos es necesario emprender una medida correctiva para solventar el problema.

✓ Dicha solución la conseguiremos haciendo más grandes los radios de dichas esquinas para que la chapa no esté tan obligada en ese punto que es lo que pasa ahora.

3.4 Análisis de springback

En este siguiente análisis vamos a estudiar el tema del springback, con el que prediremos donde y de qué forma se comporta la chapa en base a la recuperación elástica que pueda tener.

El springback es un resultado de los esfuerzos residuales que permanecen en la lámina después del proceso de deformación y esta hace que una vez hemos terminado el proceso de conformación, la lámina de chapa recupera algo en base al estado inicial y esto hace que varíe las cotas que debe tener la pieza.

La chapa sufre más o menos springback dependiendo de la resistencia de material y del radio de doblez que le hayamos dado, contra mayor sea la resistencia del material, más tendencia a la recuperación elástica tendrá, al igual que contra mayor radio tenga de forma, más incrementa el efecto del springback.

Gracias a este estudio nos adelantamos en el tiempo para que luego en el taller los ajustadores les lleve el mínimo tiempo posible poner la matriz a punto, ya que de ir a ciegas, tendrían que ir haciendo prueba y error para compensar el efecto de recuperación de la chapa re-trabajando la matriz y a su vez rompiendo el planning de la empresa establecido para el proyecto.

Con los datos que nos arroje el presente estudio, anotaremos las mediciones y los tendremos en cuenta para el diseño de la matriz por si tenemos que compensar alguna zona y con esta acción reducimos el tiempo de trabajo del ajustador en el taller para que la matriz cumpla con las tolerancias requeridas para la pieza.

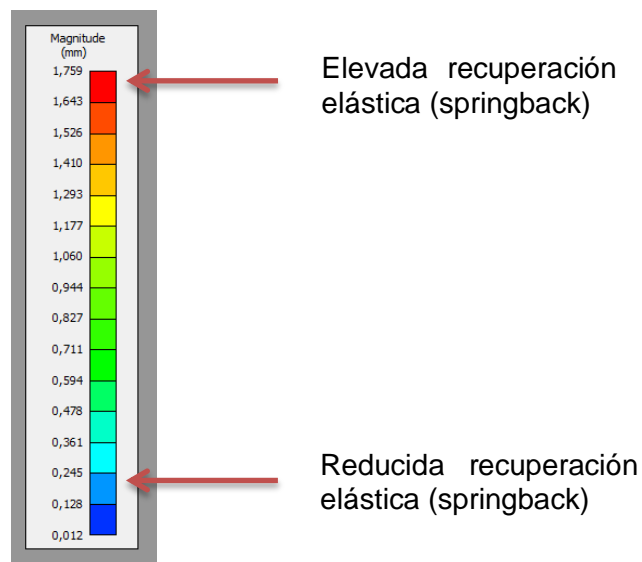


Figura 17. Leyenda análisis springback

El factor de medición que utilizamos en este análisis es una escala en mm donde veremos en medida, en el caso tener alguna zona recuperación de cuanto estamos hablando, para saber cuánto exactamente se tendría que compensar en el diseño de la matriz.

La tolerancia genérica para la geometría de nuestro deflector es de $\pm 0,5\text{mm}$ y en la leyenda vemos que la simulación va de una escala de $0,012\text{mm}$ hasta $1,759\text{mm}$, es decir que el límite de nuestras tolerancias lo tendríamos cuando el color pasa de convertirse de un tono turquesa a un tono verde flojo, siendo el tono azul oscuro donde menos recuperación elástica sufre la pieza y siendo el tono rojo donde más sufre del efecto springback la pieza.

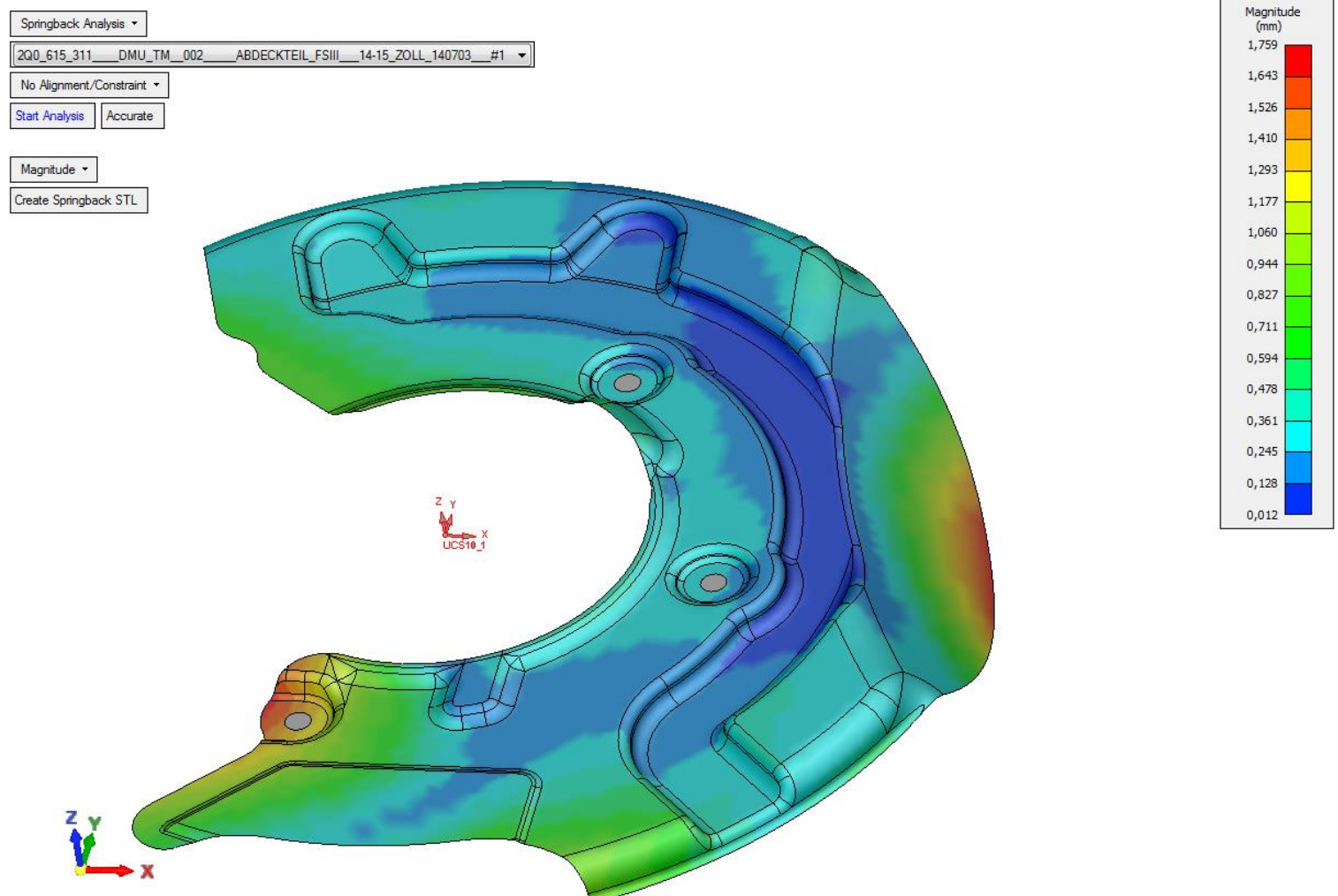


Figura 18. Zonas análisis springback

Vemos una vez realizada la simulación las zonas donde tiene más springback el deflector. Las zonas donde más sufre son en zonas exteriores y sobre todo una zona en concreto donde la pieza lleva el gran doblez.

Otra zona que deberemos centrarnos es en la del agujero que está más al extremo que también acusa bastante springback. Al ser una zona donde tiene que ajustar con un perno que hará que sujete nuestro deflector a la mangueta del coche debemos dedicarle especial atención.

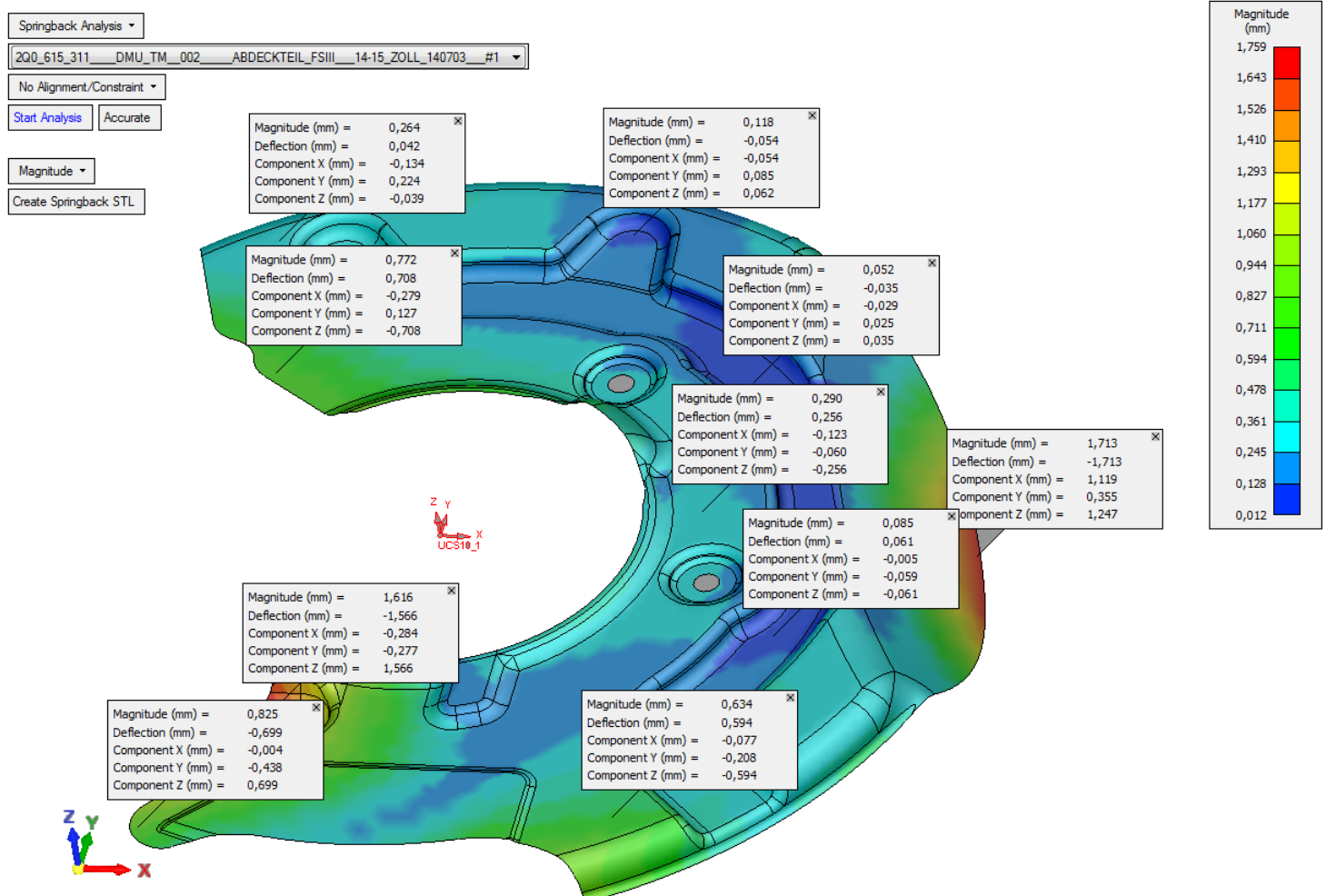


Figura 19. Nube de puntos análisis springback

- ✓ Cogemos unos cuantos puntos de referencia del deflector para ver cuánto exactamente tiende a recuperar la chapa en estos puntos que nos servirán como base para compensar el diseño de la matriz.

3.5 Curvatura mínima del deflector

Este punto nos dará la información de cual y cuanto es la curvatura mínima de nuestra pieza, no es imprescindible saberlo pero si nos irá bien por si detectamos que es una zona que difícilmente podremos estampar con ese ángulo.

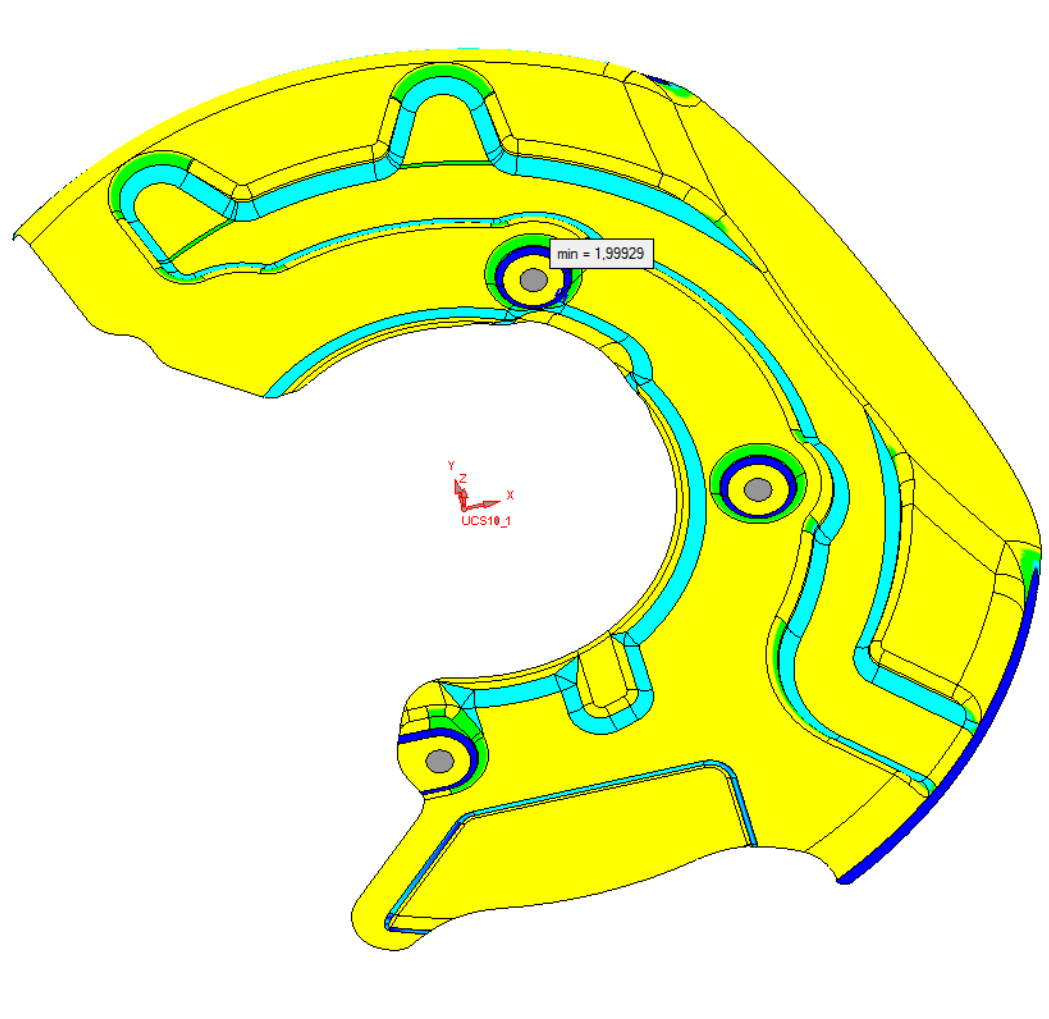


Figura 20. Punto curvatura mínimo

Por lo que nos da un resultado de punto mínimo de nuestro deflector de $1,99^\circ$.

3.6 Estudio zonas de arruga

En este último estudio, vamos a simular en que zonas es posible que la pieza sufra arrugas durante su conformado. Las arrugas a las que nos referimos son las mismas que nos imaginamos cuando utilizamos esta palabra para otros ámbitos. Resulta que en la estampación esta viene directamente ligada a la fuerza que hará el pisador de la matriz contra la chapa, ya que los pisadores deberán acometer su función que es el de dejar deslizar de forma regular la chapa sobre los radios de conformado de la matriz con una presión suficiente como para que no produzca arrugas. Tampoco podemos pasarnos a la hora de someter presión a los pisadores ya que darles presión excesiva puede hacer que la chapa de alargue demasiado y esta derive a una casi rotura o rotura definitiva.

Partimos de unas presiones específicas dependiendo del material que estemos estampando que son las siguientes:

Para chapa de Aluminio	Entre 8 y 10 Kg./cm ²
Para chapa de Hierro	Aprox. 15 Kg./cm ²
Para chapa de Acero Dulce	Aprox. 20 Kg./cm ²

En nuestro caso partimos de presiones de *entre 8 y 10 Kg./cm²* que variaremos luego en las zonas de la pieza ajustando la matriz según nos haga falta.

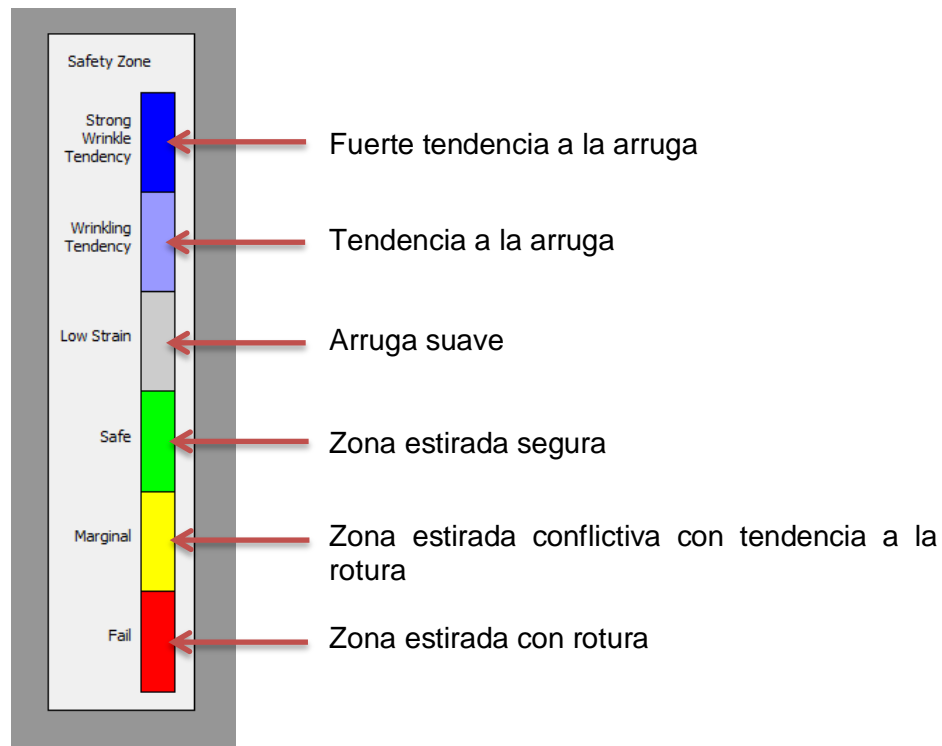


Figura 21. Leyenda análisis zona de arrugas

En el estudio de arrugas el factor de medición que utilizamos en este análisis es una escala de colores en el que partimos del espesor de la pieza de 0,75mm para considerar en que zona se encuentra.

Tal como hemos explicado anteriormente lo mismo que una falta de presión en el pisado en de pende que zona, nos provocará la aparición de arrugas la cual estará marcada en nuestro estudio con la zona azul oscuro y azul flojo, siendo cada una de ellas más o menos acusada, también una excesiva fuerza de pisado nos hará que la pieza pueda romper o directamente rompa por alargamiento excesivo del material a la hora de conformarlo, en nuestro estudio irá marcado con un color amarillo si empieza a haber problemas con la rotura o una zona roja si directamente es una zona que romperá.

ety Zone Analysis ▾

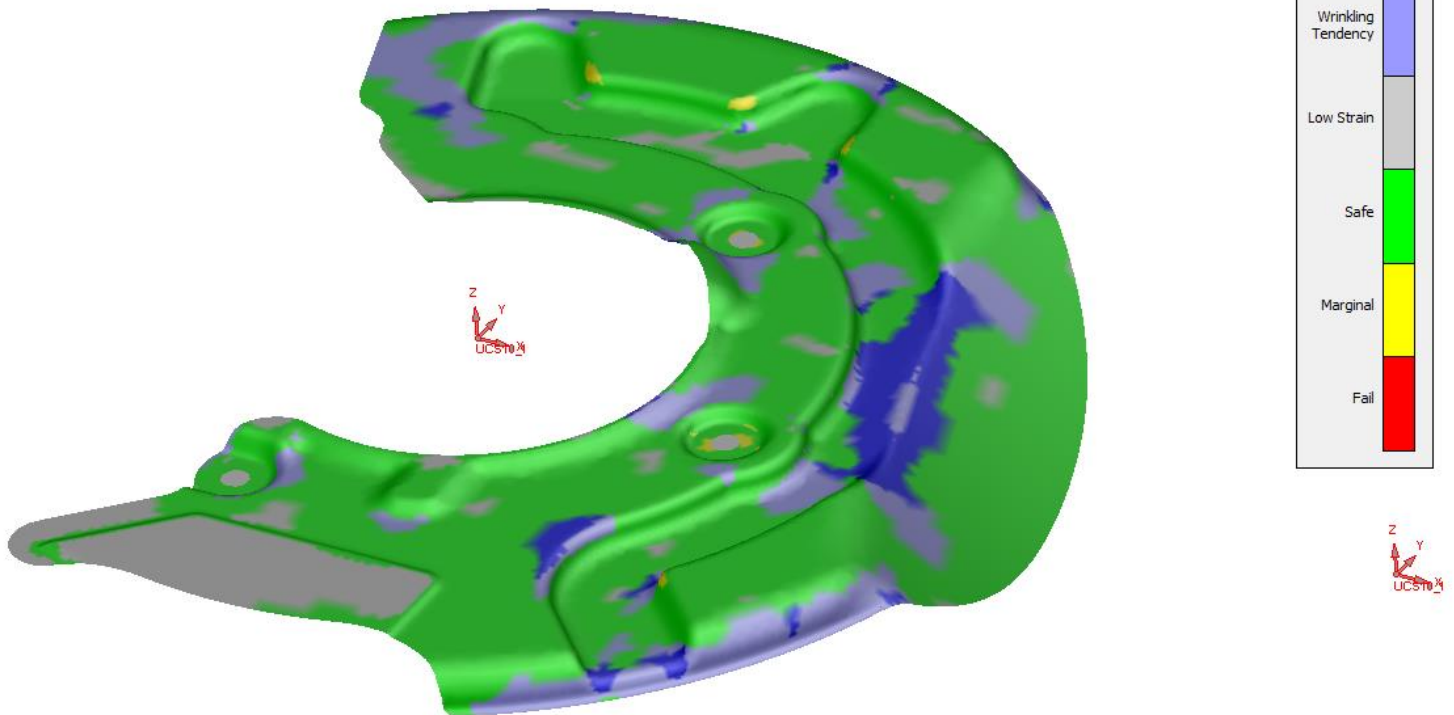
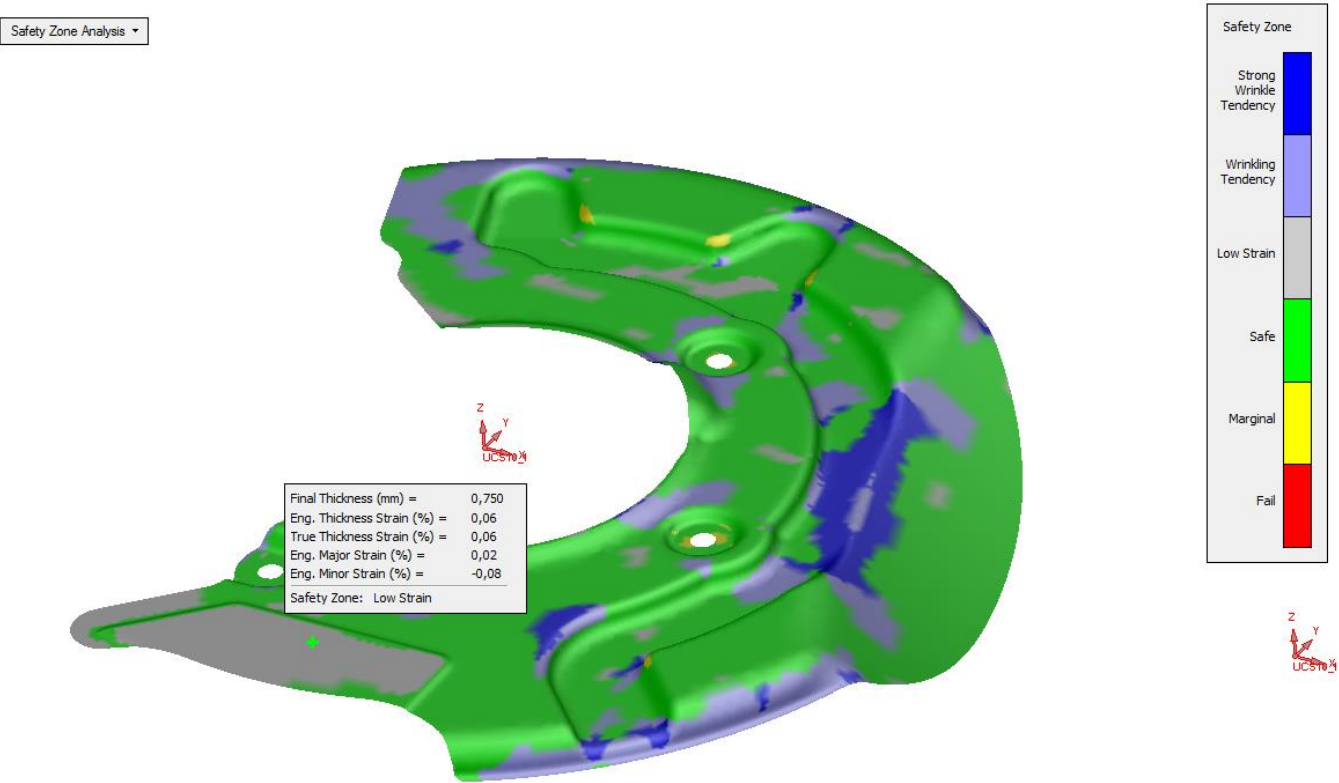
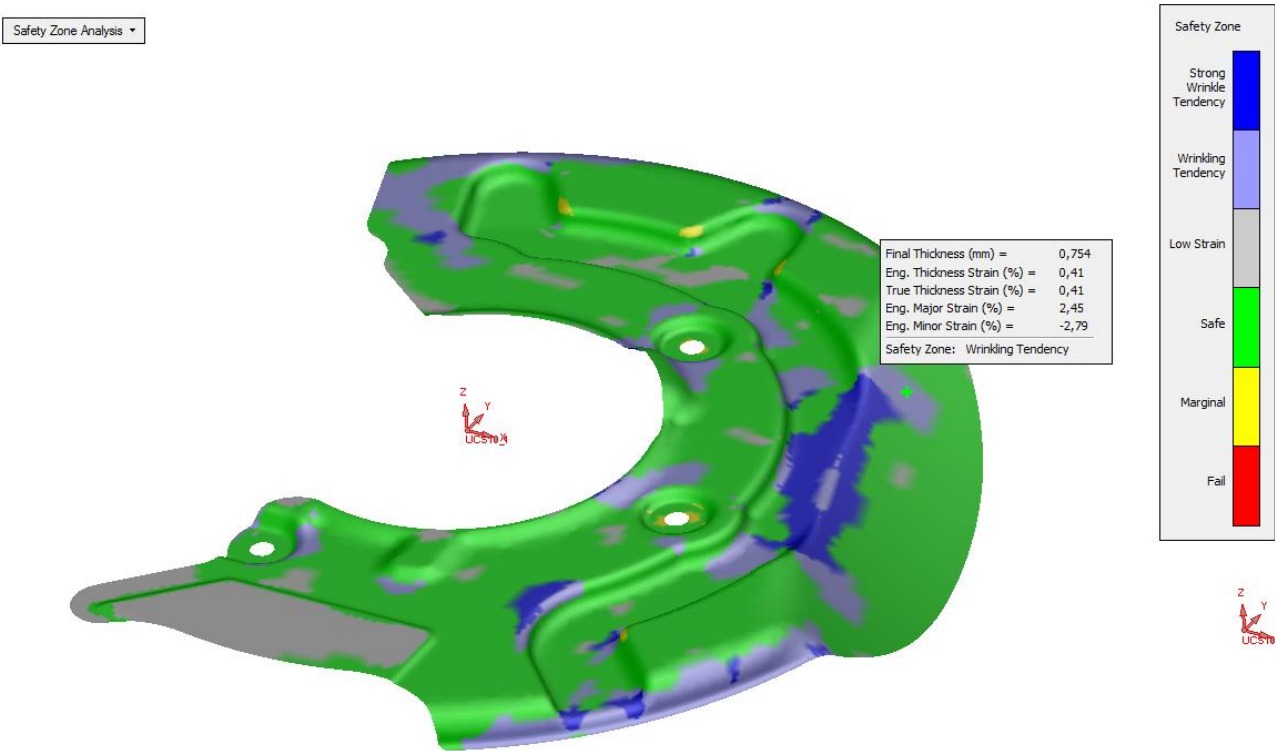


Figura 22. Zonas análisis zona de arrugas

La simulación de nuestro deflector refleja que donde mayores arrugas se producirán será en la zona donde le hacemos el gran doblez a la pieza junto con la embutición de los nervios interiores, tendremos que controlar muy bien esa zona ajustando los pisadores de forma precisa antes de lanzar el deflector a producir en serie.

Aunque mínimamente pero tenemos un par de mini zonas donde la simulación nos da que pueden ser que nos puedan acarrear problemas de alargamiento, por lo que también nos centraremos en esas zonas a dejar fluir un poquito más el material en

esas zonas de los picos donde aparecen de color amarillo. El resto de zonas que son la mayoría están dentro de la zona segura de color verde.



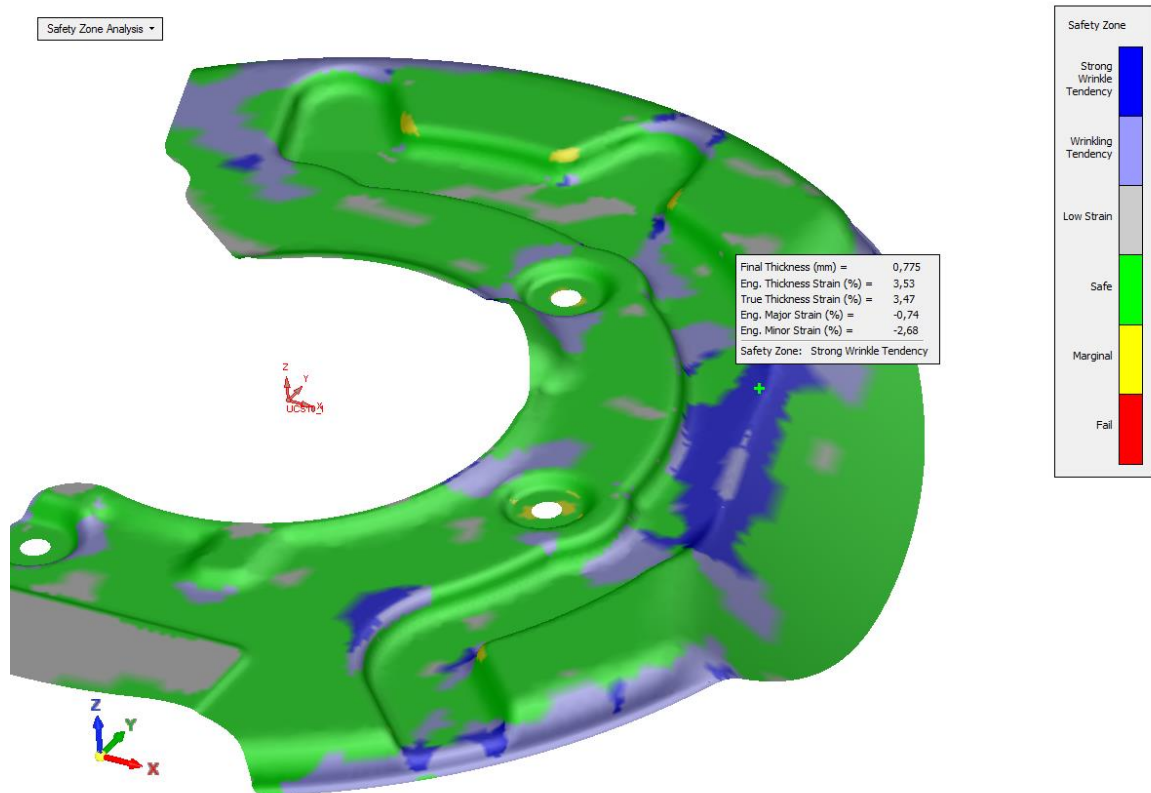


Figura 23. Nubes de puntos análisis zona varias de arrugas

3.7 Conclusiones

Con el análisis de viabilidad del deflector completamente finalizado, tomamos referencias concretas donde el análisis de conicidad ha salido sin ningún inconveniente por lo que no es necesario tomar ninguna medida correctiva.

En el análisis de adelgazamiento solucionaremos la zona donde el deflector nos rompe diseñando la matriz con una mayor radio en esa zona.

En el análisis de springback tendremos que tener en cuenta en el diseño de la matriz las zonas que mayor recuperación elástica tiene para contrarrestarlas desde el inicio y evitar problemas futuros o re-trabajo de ajuste extra.

En el análisis de arrugas tomamos las zonas que nos sale de la simulación para darle luego en la fase del ajuste de la matriz mayores o menores presiones a los pisadores según convenga.

Llegado a este punto estamos completamente seguros de que nuestra pieza, el deflector de disco de frenos, no hay que hacerle ningún cambio de diseño que involucre replantearse un segundo estudio de diseño de la pieza por lo que es totalmente apto para comenzar el proyecto con todas las fases de estudio que le preceden.



Figura 24. Resultado apto del estudio del deflector de disco de frenos

CAPÍTULO 4:

ELECCIÓN DEL MATERIAL

4. Elección del material

4.1 Los materiales en la automoción

Uno de los objetivos comunes de todos los fabricantes de coches a día de hoy, es el de reducir las emisiones y además el de que consuman menos combustible. Para que sus coches consuman menos combustible están centrándose en dos cosas, el de optimizar los motores en busca de una mayor eficiencia en los motores de combustión, híbridos o eléctricos y el de reducir el peso total de cada vehículo.

La reducción de peso se consigue en parte en la de utilización de otros materiales como la fibra de carbono, el aluminio o acero de alta resistencia.

En la automoción el aluminio después del acero es el metal más utilizado en la construcción de un vehículo.

4.2 Comparación del acero Vs aluminio

Para la fabricación de nuestra pieza mediante estampación, eliminamos directamente la posibilidad de que el material de nuestro deflector sea de fibra de carbono.

Por lo que nos quedamos con las opciones de acero y aluminio, que a continuación comparamos de las propiedades fisicoquímicas, mecánicas y tecnológicas, los puntos concretos que más nos interesan para nuestra pieza según la función que va a tener y donde va a ser ubicada esta.

La pieza va a estar expuesta a la intemperie aguantando, frío, agua y elevado calor, no tiene que hacer ningún tipo de esfuerzo por lo que no nos van a interesar especialmente las propiedades que se refieran a ese tipo. Por lo que de todas las propiedades en las que nos centramos son:

- ➔ **Densidad:** Es el grado de compactación de un material, es una medida de cuánto material se encuentra comprimido en un espacio determinado. Se calcula dividiendo el peso de un cuerpo entre el volumen que éste ocupa.

Comparativa: El acero tiene una densidad de 7.86 g/cm³ y el aluminio de 2.7 g/cm³, por lo que el aluminio será más ligero.

- ➔ **Calor específico:** Es la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de la unidad de masa de un cuerpo de 0 hasta 1°C.

Comparativa: El acero tiene un calor específico de 460 J/(kg·K°) y el aluminio de 880 J/(kg·K°).

- ➔ **Conductividad térmica:** Es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor.

Comparativa: El aluminio es un buen y mejor conductor al calor que el acero.

- ➔ **Corrosión:** Es la pérdida o deterioro de las propiedades físicas y/o químicas de un metal, sucede naturalmente, transformándose el metal en un óxido.

Comparativa: El aluminio se comporta mejor ante la corrosión ya que en este se crea una capa de óxido únicamente en la superficie y se paralizaría pero en cambio en el acero seguiría avanzando el óxido hacia su interior hasta dañar la pieza.

4.3 Elección y justificaciones de la elección

Estudiando todas las propiedades y eligiendo sólo las de más interés para nuestro deflector que es nuestra pieza que fabricaremos, concluimos que nuestra pieza será de material *ALUMINIO*.

Justificación elección ALUMINIO	
Densidad	El aluminio al ser más ligero que el acero nos ayudará con esta elección a conseguir uno de los objetivos finales al construir un coche, que es la de reducir su peso en conjunto.
Calor específico	Nuestro deflector va a estar en una zona de elevada temperatura por lo que el aluminio al tener un mayor grado tardará más en calentarse que el acero.

Conductividad térmica	Al estar en zona de elevada temperatura necesitamos que el calor se transfiera a nuestro deflector sea de manera uniforme y se disipe con más rapidez, por lo que el aluminio consigue mejor conductividad térmica que el acero para repartirlo por toda su geometría.
Corrosión	Nuestra pieza está ubicada en zona de máxima humedad ya que soportará agua, por este motivo necesitamos que aguante muy bien físicamente ante este fenómeno, el aluminio tiene un mayor poder anticorrosión que el acero.

4.4 El aluminio como material en la automoción

La materia prima para la producción de aluminio es la Bauxita, compuesta por uno o más elementos de hidróxido de aluminio, además de silicato, hierro y óxido de titanio, como principales impurezas.

El proceso del aluminio se lleva a cabo en tres pasos:

Primeramente se extrae la bauxita en minas, para a continuación, producir alúmina, de la cual se extraerá mediante electrólisis el aluminio puro.

El aluminio es dos terceras partes más ligero que el acero convencional, y permite reducir la emisión de CO₂ a la atmósfera en la medida en que el motor necesita menos gasto de combustible para mover al coche al pesar menos.

Además para partes del automóvil donde tiene una gran importancia la seguridad como por ejemplo puede ser la carrocería, el aluminio ofrece una alta rigidez en el habitáculo, lo que protege a los pasajeros en caso de colisión, pero al mismo tiempo permite mejores opciones para absorción los impactos según patrones programados de deformación en caso de choque.

También en el mundo de la automoción en los moteros está muy extendido ya que el uso de aluminio presenta la ventaja de disipar mejor el calor que el acero (se enfría cuatro veces más rápido), y tiene mayor resistencia a la corrosión, lo que asegura una alta durabilidad y menor gasto de mantenimiento.

Uno de sus aspectos negativos a día de hoy es su elevado costo en comparación con la lámina de acero, lo que por el momento ha restringido el uso de este material completamente a coches de alta gama o a piezas muy específicas de los coches habituales. Aún y así nuestra pieza al necesitar de las características que ofrece el aluminio y no ser de una geometría grande no le encontramos ningún inconveniente en este aspecto del coste.

4.5 Conclusión

Para la estampación de nuestro deflector en serie sólo nos encontramos con dos materiales que nos cuadrarían que serían el acero y el aluminio, una vez hemos comparado las propiedades físicas que más afectarían a nuestra pieza y hemos visto cuales son mejor o peor, se llega a la conclusión que el material que utilizaremos para producir nuestro deflector de disco de freno será el **ALUMINIO**.

CAPÍTULO 5:

ESTUDIO Y ELECCIÓN DEL PROCESO DE ESTAMPACIÓN

5. Estudio y elección del proceso de estampación

5.1 Factores que influyen en la elección

- **Geometría de la pieza:**

Nuestra pieza es un deflector del disco de freno, cuya geometría exterior es circular.

Tiene uno de los lados doblado para conseguir una buena aerodinámica en esa zona, con el flujo de aire que pasa.

En su cara plana tiene unas protuberancias hacia dentro y hacia fuera que conseguiremos con unos pasos de estampación sin llegar a ser necesaria embutición.

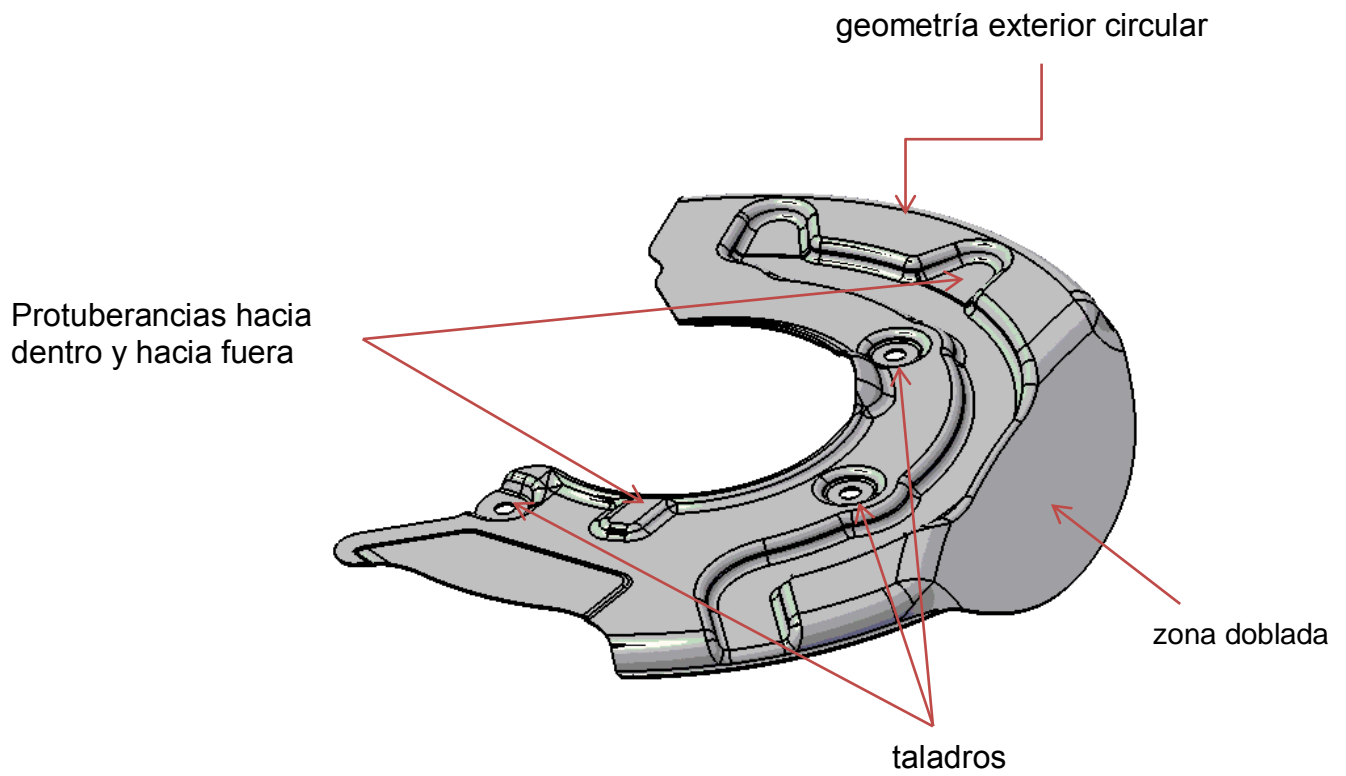


Figura 25. Geometría de nuestro deflector

○ **Tamaño de la pieza:**

El deflector hace 291Ø x 0,75mm de espesor.

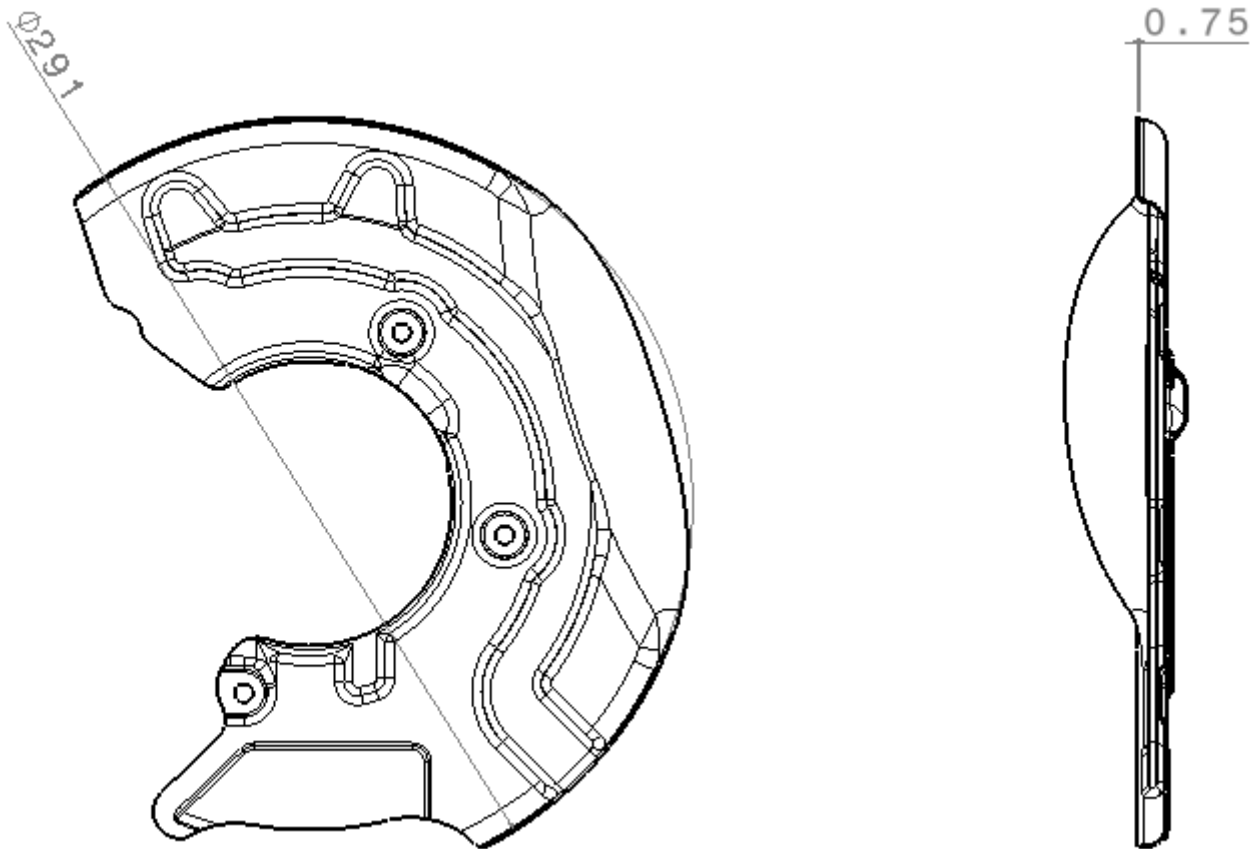


Figura 26. Medidas de nuestro deflector

Es una pieza pequeña tirando a mediana, el espesor de 0,75mm es más bien fino por lo que tendremos que llevar la pieza bien cogida con su banda en todo el proceso de estampación para que no flexe en cada operación.

Al ser una pieza que lleva mano y mano y son simétricas entre ellas, tenemos que intentar que en su proceso de fabricación sea de 2 piezas golpe.

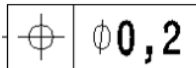
○ **Producción a realizar:**

El volumen de piezas anual que tendremos que realizar es de 650.000ud por cada mano, ya que el deflector al ir colocado en ambos lados del coche tiene mano izquierda y mano derecha. Por lo que la producción total anual será de 1.300.000ud a fabricar.

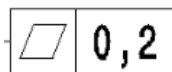
Por lo que la cantidad de piezas a producir ya nos condiciona a la hora de elegir un tipo de proceso de estampación ya que para ser productivos tendríamos que estudiar un tipo de fabricación automático.

○ **Tolerancias geométricas a tener en cuenta:**

Nuestro deflector es una pieza que no necesita grandes restricciones de tolerancia en su contorno geométrico pero si necesitaremos unas tolerancia de posición de los agujeros donde van los tornillos que en este caso serán de $\varnothing 0,2\text{mm}$ y unas tolerancias de planitud de 0,2mm en la zona donde va a sentada el deflector con la otra pieza del coche que en este caso será la mangueta.



Tolerancia de posición, define una zona en la que el eje central o plano central puede variar desde la posición real en este nuestro caso 0,2mm.



Tolerancia de planitud, define todos los puntos en una superficie están en un plano, la tolerancia se especifica con dos planos paralelos, en nuestro caso real de 0,2.

5.2 Diferentes procesos de estampación

5.2.1 Estampación manual

Este tipo de estampación es utilizada cuando la producción es baja.

Se necesita de mínimo un operario para alimentar la prensa.

La prensa es alimentada mediante formato ya cortado previamente a medida según la necesidad de la pieza a estampar.

El operario es el que alimenta introduciendo el formato.



Figura 27. Operario alimentando formato en prensa manual

Los troqueles están compuestos en módulos, en el que cada uno de ellos se hace una operación de estampado.

Se pueden juntar varios módulos con un máximo de paso de 2000mm aprox. que es una distancia razonable para que un solo operario pueda ir alimentando cada

módulo, en el caso de exceder esta medida y si las medidas de la prensa lo permiten se pondrá más de un operario.

Si para conformar toda la pieza se necesitan una suma de módulos que juntándolos no caben todos en la prensa, el troquel pasará a tener varias fases,

F10, F20, F30.... tantas fases como sean necesarias y se estamparán en diferentes momentos.

El operario es el que inicia el ciclo de prensado al pulsar una botonera doble de seguridad.

Admite todo tipo de operaciones ya que en el caso que fuera necesario rotar o girar la pieza para conformar la pieza el operario lo realizaría.

La velocidad piezas golpe es baja ya que viene limitada por la velocidad máxima del operario.

Los troqueles suelen ser de fundición por lo que su precio es algo caro.

Las piezas acabadas las deposita el operario en un contenedor.



Figura 28. Operario iniciando proceso en prensa manual



Figura 29. Módulos troquel manual

5.2.2 Estampación progresiva

Este tipo de estampación es utilizado cuando el volumen total a producir es medio/alto.

La alimentación la realiza un alimentador automático externo al principio de la prensa donde está colocada la bobina con el material de la pieza que se va a conformar.

Las siderometalúrgicas suelen vender estas bobinas de cantidades mínimas estándar de 6.000Tn, tonelajes inferiores serán vendidos como no estándar incrementando su precio tonelada.



Figura 30. Alimentador bobina en progresivo

Las piezas van unidas a la banda inicial por una tira central o lateral, la cual va guiando el avance de las operaciones.

La banda a su vez va siendo guiada por centradores en cada operación.



Figura 31. Banda formato en progresivo

No se necesita a ningún operario fijo, sólo esporádicamente si fuera necesario ir retirando los retales de debajo del troquel.

No indicado para realizar embuticiones profundas.

Puede conseguir velocidades muy altas de golpes.

Tiene una limitación de rotación si fuera necesario en el conformado de la pieza.

No se puede girar la pieza si fuera necesario para conformar la pieza por lo que se tendría que recurrir a un troquel a parte para hacer esa operación en concreto.

Los troqueles no son de fundición componiéndose de placas y guías estandarizadas pudiendo ser más barato.

Las piezas acabadas van cayendo automáticamente a un contenedor.



Figura32. Diferentes tipos de bandas estampadas

5.2.3 Estampación transfer automática

Este tipo de estampación es utilizado cuando el volumen total a producir es medio/alto.

La alimentación la realiza un alimentador automático externo al principio de la prensa donde está colocada la bobina con el material de la pieza que se va a conformar.

La primera operación fuera de troquel la realiza la cizalla que corta la bobina en el formato necesario según el requerimiento de la pieza.

El avance de una operación a otra lo hace para ir conformando la pieza lo hace una barra de garras transferizada automáticamente, esta sincronizada con la subida y bajada de la prensa de manera que en cuando abre la prensa las matrices la garra coge la pieza en una operación y la deja antes de que vuelvan a cerrar las matrices para hacer la estampación en la próxima operación. Al ser barra de garras todas las operaciones avanzan una posición a la misma vez.

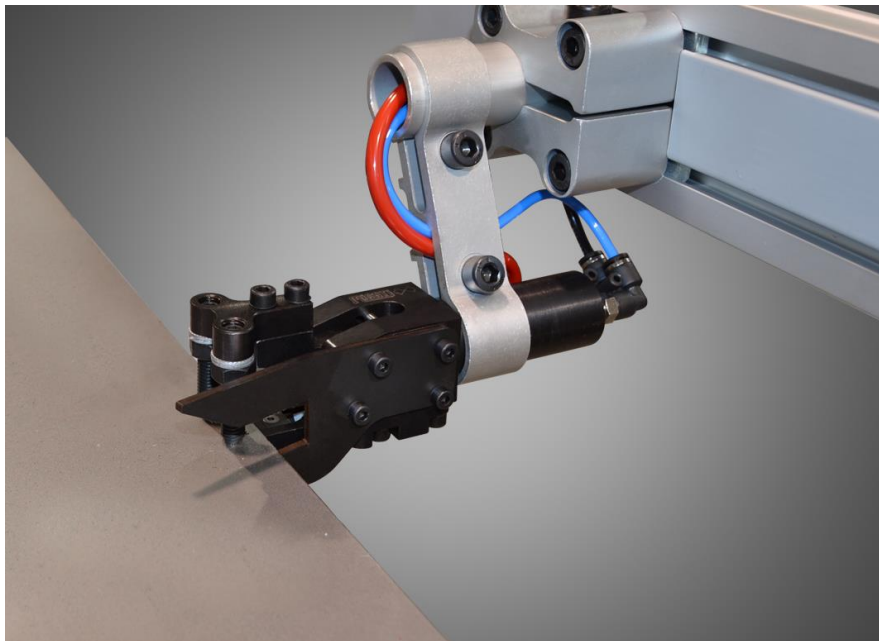


Figura 33. Detalle de la garra

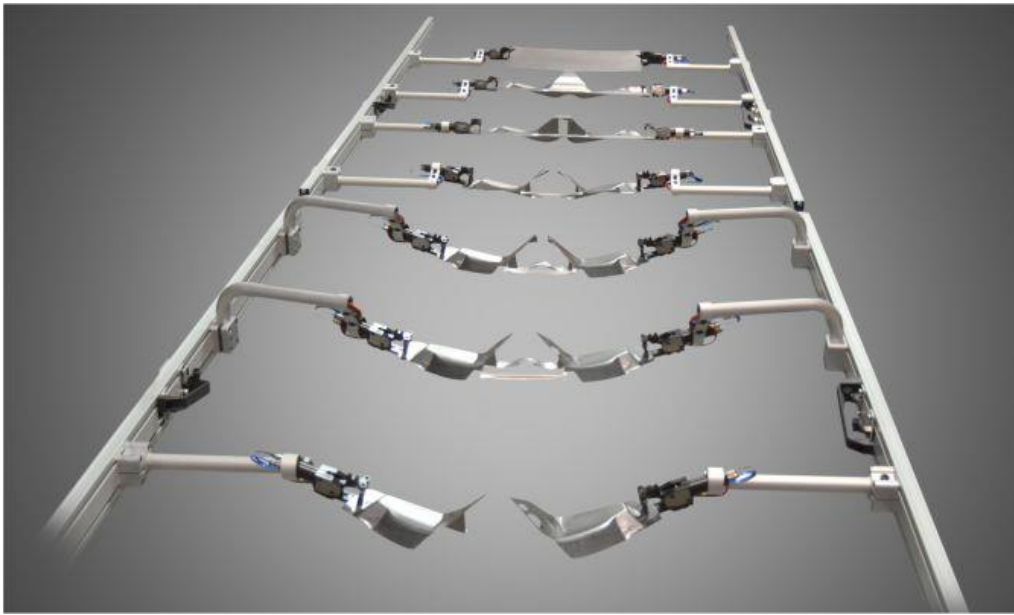


Figura 34. Barra de garras transfer

Podemos conseguir cualquier operación incluidas las embuticiones profundas.

No se necesita a ningún operario fijo, los retales grandes pueden ser desviados mediante rampas a contenedores.



Figura 35. Detalle rampas evacuación grandes retales

Los troqueles suelen ser de fundición por lo que su precio es algo caro.
Los troqueles están compuestos en módulos, en el que cada uno de ellos se hace una operación de estampado.

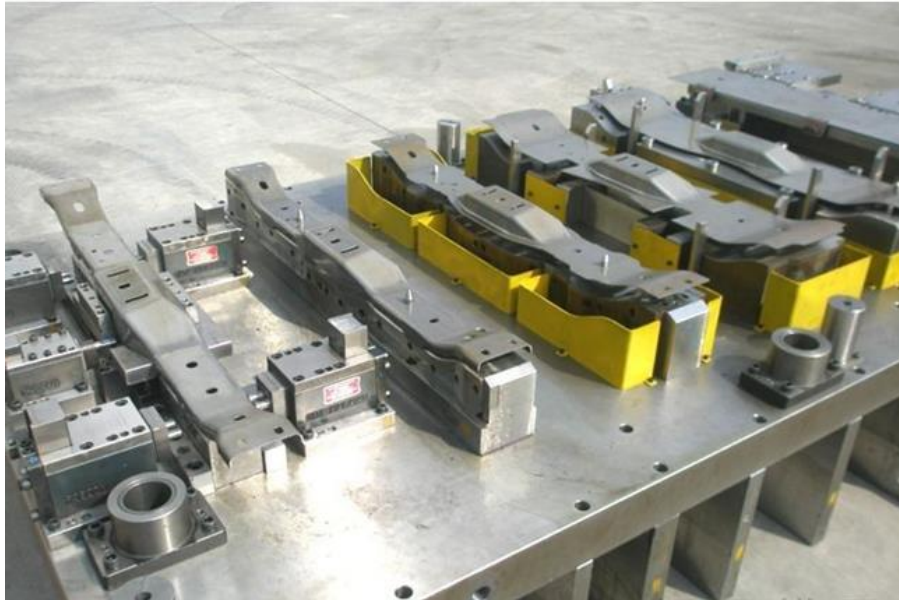


Figura 36. Módulos fundición troquel transfer

Es el tipo de estampación más cara porque llevan las garras transfer aunque a su vez prescindes de operario.

Las piezas acabadas van cayendo automáticamente a un contenedor cuando la garra en la última operación deposita las piezas terminadas en una cinta que va avanzando.



Figura 37. Detalle barras transfer fuera de la prensa

5.3 Elección y justificación del proceso de estampación

Haciendo el estudio de los diferentes procesos de estampación que hay, optamos por elegir el *proceso estampación Progresiva*.

El motivo es porque nuestro volumen de producción anual de 1.300.000ud es considerado alto por lo que necesitamos un proceso medianamente rápido para ser óptimos.

Más adelante veremos que operaciones concretamente necesitamos para conformar nuestro deflector pero vemos claro desde el principio que no vamos a necesitar hacer ninguna embutición profunda, ni ninguna rotación brusca ni por descontado ningún giro de pieza, que un sistema progresivo nos penalizaría por lo tanto en este aspecto no tendremos ningún problema.

Con este proceso vamos a ser competitivos en cuanto a precio al ser de los procesos de los más baratos por su conformación, además de prescindir de operario a pie de prensa al no ser necesario.

CAPÍTULO 6:

ESTUDIO DE LA MATRIZ

6. Estudio de la matriz

6.1 Punto de partida

Ya hemos seleccionado el tipo de estampación que utilizaremos que será una estampación progresiva. Aprovechando una de las características que tiene a favor este tipo de estampación es que podemos conseguir una velocidad de golpes hora bastante elevada siempre evaluando la geometría de nuestro deflector para no pasarnos en velocidad y acarrear posibles problemas de roturas o grietas.

6.2 Desarrollo del formato final de la banda del deflector de disco de freno

Sabemos que nuestro deflector mide 291Ø x 0,75mm de espesor, pero esa es la medida una vez la pieza ya está conformada o finalizada.

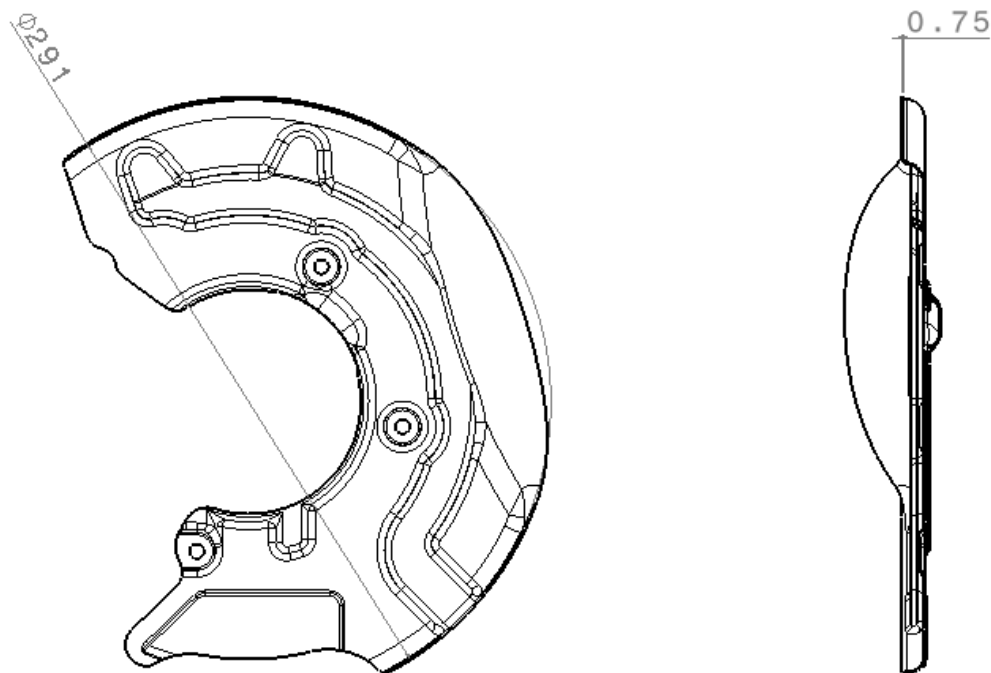


Figura 38. Medidas deflector aire disco de frenos

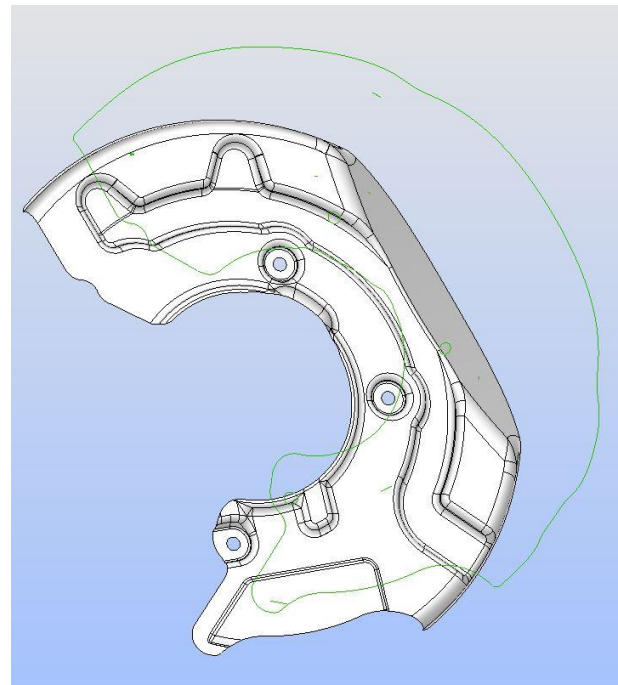
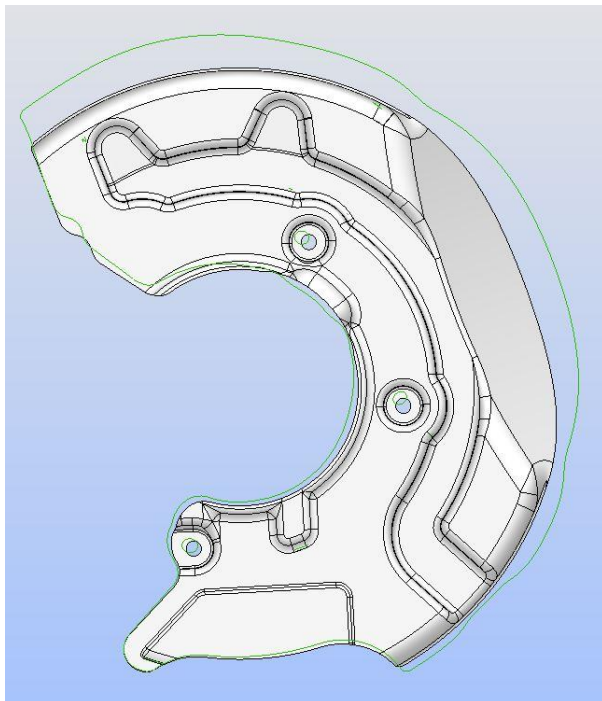
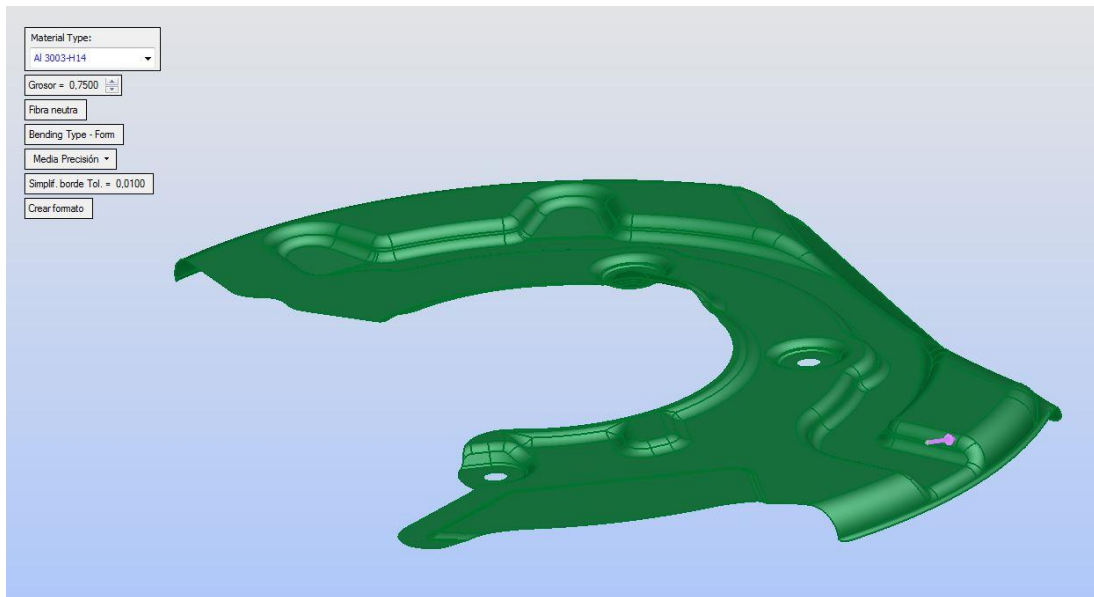
Para nosotros poder elegir una prensa donde hagamos la producción de nuestra pieza, necesitamos tener unos datos fundamentales sino sería imposible saberlos, estos son, que tonelaje debe de tener nuestra prensa para que sea capaz de conformar la pieza y a su vez que medida de matriz tendremos según el proceso necesario para poder producirla. Una cosa va ligada con la otra pero si no sabemos inicialmente cual debe ser el formato de nuestra chapa de aluminio no podemos seguir con el estudio.

6.3. Formato

6.3.1 Formato de la pieza

El formato de la pieza que lo entendemos como la medida de chapa que consume la pieza sin proceder a ninguna operación de conformado, es decir sin dobleces, estampados, conformados, etc, lo sacamos a raíz de la zona de fibra neutra del espesor de la pieza, que es la zona que no está sujeta ni a tracción ni a compresión. La posición de la fibra neutra variará dependiendo del tipo de material y su espesor.

Vamos con un programa CAM como Cimatron con su módulo de chapa a sacar el desarrollo de nuestro deflector de disco de freno alimentándolo con la información de la propia pieza, el tipo de material y su espesor, vamos a generar un cálculo que nos dirá exactamente cuál es el formato de nuestra pieza.



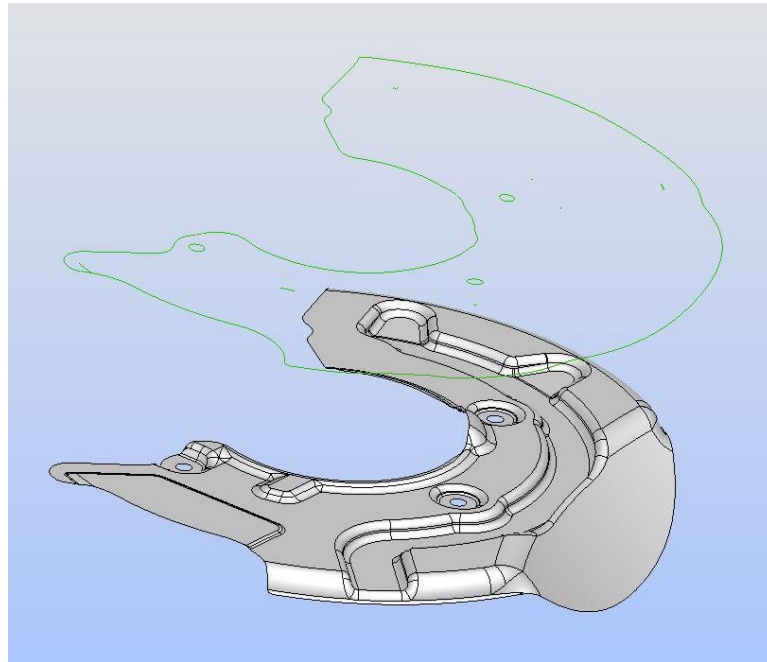


Figura 39. Formato de la pieza diferentes vistas

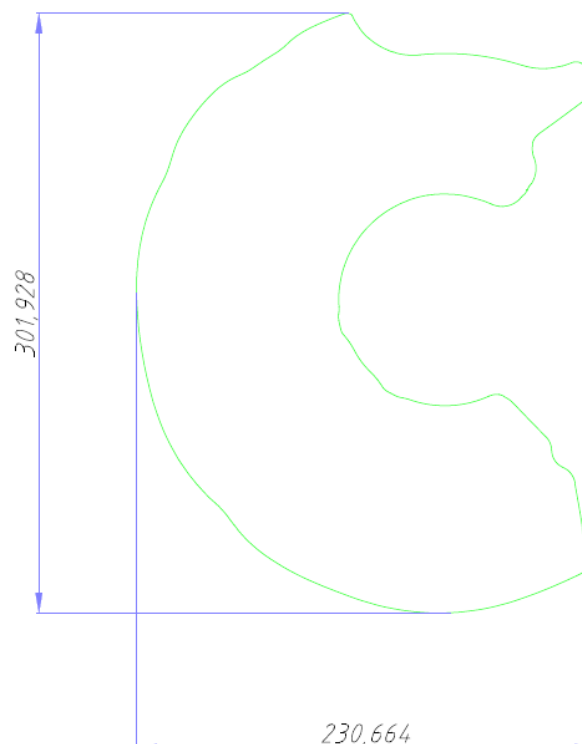


Figura 40. Medidas formato de la pieza

El resultado que nos da como desarrollo de la pieza según el consumo de chapa sólo de la propia pieza es de 301,92 x 230,66mm.

6.3.2 Formato de la banda

Con el formato de nuestra pieza, aún no podemos sacar el formato de la banda final ya que tenemos que estudiar el volumen de piezas golpe que vamos a hacer en cada bajada de prensa que hará nuestro troquel, así como ver qué espacio necesitaremos de chapa para llevarla cogida por el fleje y si necesita material para que estire en alguna operación.

Además partiendo de la base de que nuestra pieza va en las dos partes del coche tanto a izquierdas como a derechas, necesariamente para ser óptimos y no tener que construir dos troqueles independientes, nuestra fabricación será a 2 piezas golpe en cada prensado en el mismo troquel.

Por lo tanto tenemos que coger el formato inicial de la pieza 301,92 x 230,66mm. y estudiarlo a dos piezas golpe y de ay ya sacar el formato de banda definitivo que es uno de los datos que necesitaremos para sacar la medida final del troquel.

Para sacar el formato a dos piezas golpe, dispondremos las dos piezas una al lado de la otra, pero tenemos que estudiar el espacio necesario entre ellas que tenemos que dejar.

Este espacio viene relacionado con la necesidad de poner algún carro en la cara interior en alguna de las operaciones, cosa que en nuestro caso no es necesario poner dicho carro por lo tanto no tenemos que contar con ese margen y también ver la anchura de fleje que necesitaremos para llevar unidas nuestras dos piezas y por donde pilotaremos la banda a lo largo del proceso con los centradores.

También tenemos que ver la geometría de nuestra pieza y de ay la necesidad de la cantidad de material que dejamos por si en una de las operaciones el material se estirará o recogerá algo hacia dentro de la pieza. En nuestro caso tenemos unas operaciones donde tenemos que estampar y conformar para darle la forma de sus trazos interiores por lo que diseñaremos el dejar un trozo de chapa que sale de la unión de las dos piezas para que en la operación necesaria tenga en esa zona material que estire.

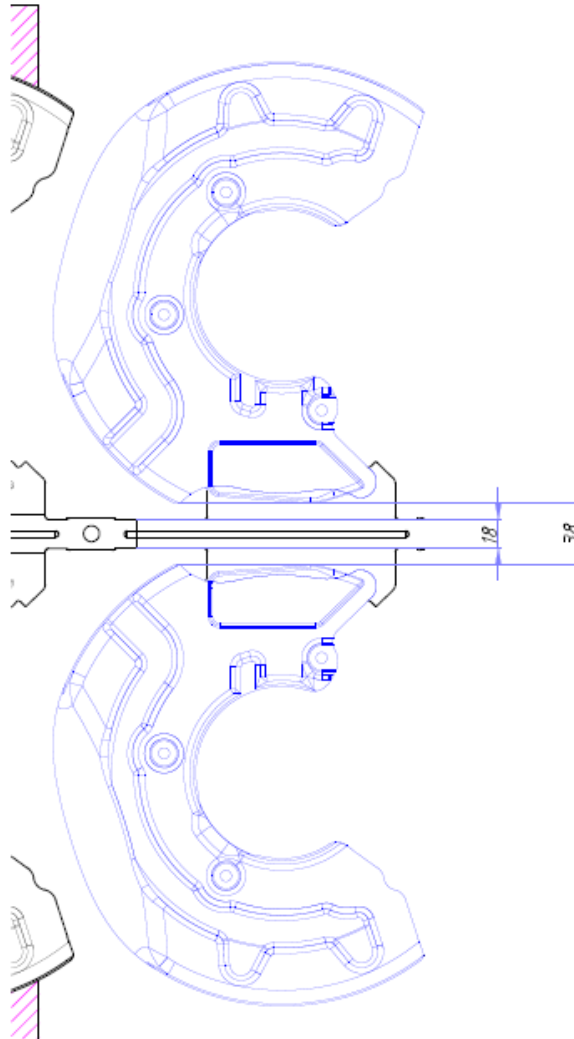


Figura 41. Medidas fleje de la pieza

Con lo que en nuestro caso concreto dejaremos una distancia entre piezas de $38mm$ y un ancho de fleje por el que guiaremos la banda de $18mm$ con centradores que estarán dentro del propio fleje de unión.

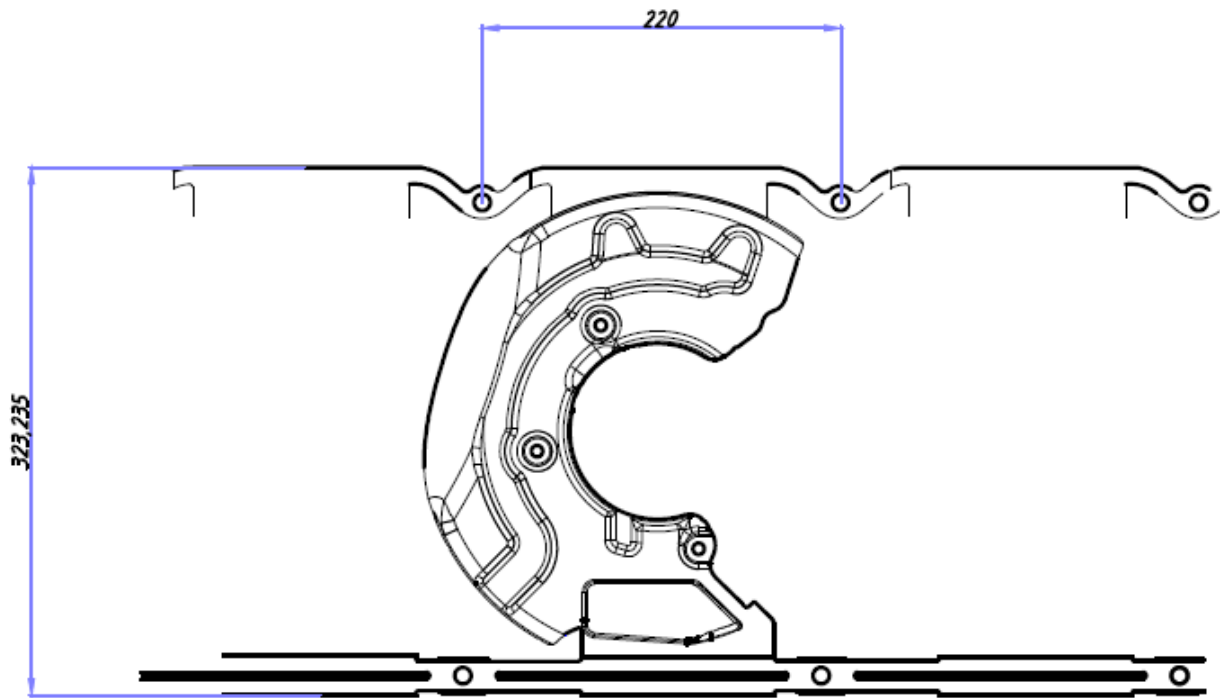


Figura 42. Situación formato banda a 1p/g que no cogemos como opción

Después del estudio que hemos realizado del formato de la banda teniendo en cuenta todos los factores necesarios arriba comentados, ahora si finalmente podemos saber cuál es nuestro formato de banda final para la producción de nuestro deflector de disco de frenos que finalmente queda en una medida de formato de *623 ancho x 220mm paso*.

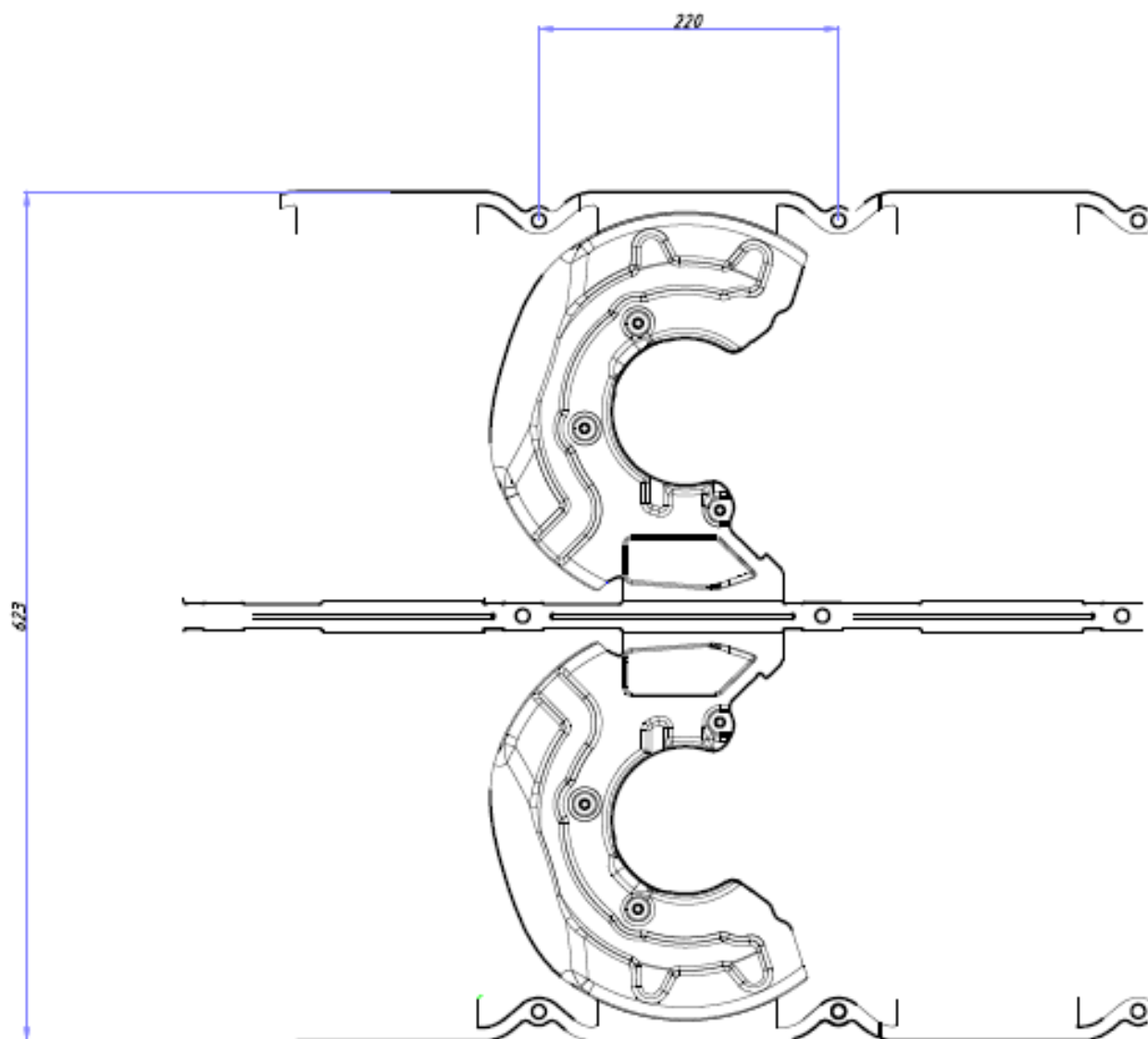


Figura 43. Situación formato banda a 2p/g elegido para nuestra producción

6.4 Elección del tonelaje de prensado

Para saber que tonelaje vamos a necesitar para estampar nuestra pieza y de esta manera saber uno de los requisitos fundamentales que debe tener nuestra prensa, lo sacaremos de la fórmula de la fuerza de corte aplicado a nuestro formato.

Esfuerzo F para corte de chapa.

$$F = P * e * Rst * 1,15\%$$

Siendo:

P = Perímetro de corte

e = Espesor de la chapa

Rst. = Resistencia del material a la tracción

1,15% = Porcentaje de fuerza de los pisadores

Por lo tanto:

En nuestro caso obtenemos los siguientes datos,

P = Nuestro perímetro de formato nos hace 623 ancho x 220mm paso.

e = Nuestro espesor de lámina es de 0,75mm.

Rst. = Nuestro material que es el aluminio tiene una resistencia de 125 MPa (12,74 Kg/mm²).

La fórmula queda tal que así:

$$F = 137.060 * 0,75 * 12,74 * 1,15\% ;$$

$$F = 1506049,545 = 150,60Tn$$

Por lo que necesitaremos una prensa que pueda hacer una fuerza en cada ciclo de prensa de *150,60 toneladas*.

Cuando sea el momento más adelante en el proyecto, siempre elegiremos una prensa con un tonelaje algo mayor para que no sufra la prensa yendo al límite de su capacidad.

6.5 Rendimiento de la banda en % en cuanto al retal tirado

Formula1:

$$\text{Peso bruto} = ((\text{Ancho banda} * \text{paso banda} * \text{espesor pieza} * \text{densidad material}) / 10000000) / \text{N}^{\circ} \text{ p/g.}$$

Por lo tanto:

En nuestro caso obtenemos los siguientes datos,

Ancho banda: 623mm

Paso banda: 220mm

Espesor pieza: 0,75mm

Densidad material: En nuestro caso el material es aluminio por lo que la densidad es 2,73 g/ml.

Nº p/g: Nuestro proceso será a 2 piezas/golpe.

La fórmula queda tal que así:

$$\text{Peso bruto} = ((623 * 220 * 0,75 * 2,73) / 10000000) / 2.73$$

$$\text{Peso bruto} = 0,147 \text{ Kg.}$$

Formula2:

$$\text{Peso retal} = (\text{Peso bruto} - \text{Peso neto})$$

Por lo tanto:

En nuestro caso obtenemos los siguientes datos,

Peso bruto = 0,147 Kg, dato obtenido de la fórmula anterior.

Peso neto = 0,087 Kg, dato que hemos obtenido sacándolo con la simulación.

La fórmula queda tal que así:

$$\text{Peso retal} = (0,147 - 0,087);$$

$$\text{Peso retal} = 0,060 \text{ Kg.}$$

Formula3:

$$\% \text{ Aprovechamiento banda} = (\text{Peso retal} / \text{Peso bruto})$$

Por lo tanto:

En nuestro caso obtenemos los siguientes datos,

Peso retal = 0,060 Kg dato obtenido de la fórmula anterior.

Peso bruto = 0,147 Kg dato obtenido de la fórmula anterior.

La fórmula queda tal que así:

$$\% \text{ Aprovechamiento banda} = (0,060 / 0,147)$$

$$\% \text{ Aprovechamiento banda} = 40,81\%$$

Aprovechamos la banda en un 40,81% es decir nuestro proceso tira menos de la mitad del formato de la banda para conformar la pieza. Es un buen aprovechamiento de banda que tenemos. En algunas ocasiones cuando el aprovechamiento de banda no es muy óptimo lo único que se puede hacer es tener que volver a estudiar otro posicionamiento que consiguiera un aprovechamiento de banda más óptimo, pero este no es el caso puesto que nuestro deflector tiene una forma peculiar el cual la mayor parte de su geometría por el exterior va doblado y sólo una zona concreta va plana y es por donde necesitamos llevarla cogida al fleje de la banda, con lo que según la geometría de nuestra pieza nos da pocas alternativas de llevar cogidas las piezas, siendo la posición estudiada la que mejor resultados nos da.

6.6 Elección de la velocidad del ciclo de prensado

Nuestro deflector de disco de frenos no es una pieza que lleve una embutición profunda que es en parte lo que penaliza a la hora de querer dar velocidad a un proceso.

Por otro lado no es una pieza plana por lo que tampoco podemos irnos al extremo en cuanto a velocidad, ya que a lo largo de su geometría lleva diferentes relieves que se tienen que conformar con el tonelaje de nuestra prensa.

Las prensas de las que se disponen en este tipo de piezas de la automoción son las llamadas prensas convencionales, quedan a un lado las prensas rápidas o de alta velocidad que están pensadas para otra tipología de piezas y tamaños.

Al llevar en la banda dos piezas (mano izq. y mano drcha.) para estamparlas a la vez, estamos hablando de un formato de 623 ancho x 230mm paso que son unas dimensiones considerables ya que supera de ancho el medio metro.

Después de evaluar todos estos puntos, la elección de la velocidad de prensado para nuestra pieza será de *1.400 golpes/hora*.

6.7 Operaciones proceso conformado del deflector de disco de frenos

Partimos de la plancha de chapa de aluminio que nos va proporcionando el alimentador y que irá avanzando dentro de la prensa según nuestro paso en cada bajada y subida de prensa.

- ➔ Cortar desarrollo x3 (operación 1ª, 2ª y 3ª): En estas tres primeras operaciones, hacemos el corte del desarrollo de la pieza con los punzones de corte, lo que es el exterior del deflector en plano, pero dejando una zona sin cortar que será donde necesitaremos que el pisador pise la chapa para hacer la siguiente operación.

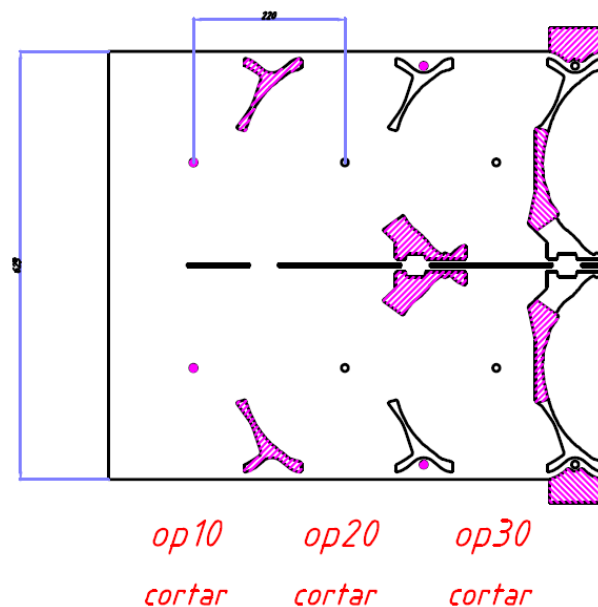


Figura 44. Operación Op10, Op20 y Op30

- ➔ Libre (operación 4ª): Normalmente se suele dejar algún paso en libre, es decir sin hacer nada, por si una vez puesta en producción la matriz sale algún problema de conformación de la pieza con el que teniendo un paso en libre se puede incluir una operación antes no prevista.

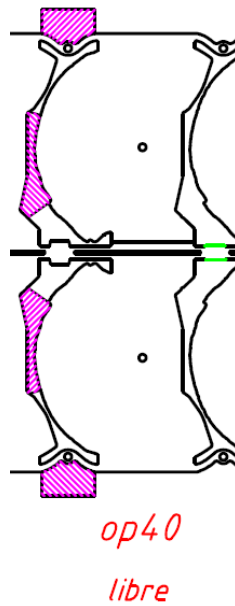


Figura 45. Operación Op40

- Estampar (operación 5ª): En esta operación le damos la primera forma de lo que es el relieve que llevará interior el deflector así como la parte doblada con una matriz con esa forma con el golpe de prensa la chapa adoptará lo que será prácticamente los trazos definitivos pero no los últimos ya que necesitaremos otra operación más para acabar de llevarla al sitio.

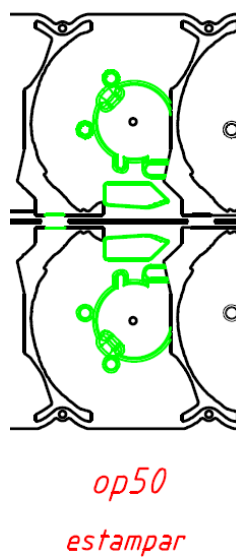
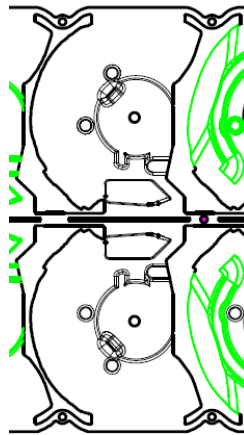


Figura 46. Operación Op50

→ Libre (operación 6ª): Del mismo modo que se deja en la operación 4ª.

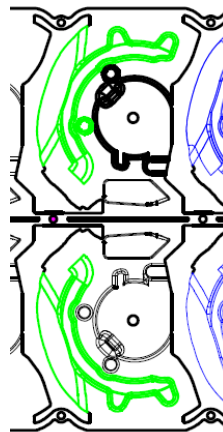


op60

libre

Figura 47. Operación Op60

→ Estampar (operación 7ª): En esta operación le damos la segunda forma de lo que es el relieve que llevará interior el deflector.

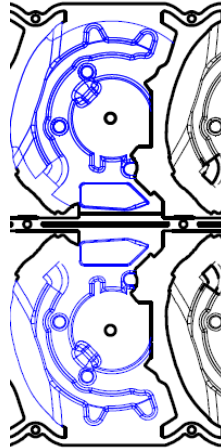


op70

estampar

Figura 48. Operación Op70

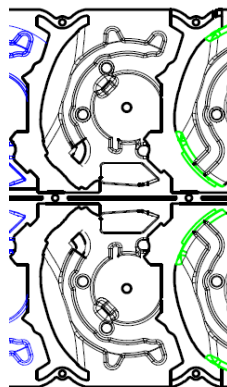
- ➔ Conformar (operación 8ª): Acabamos de conformar los trazos definitivos del deflector que dejamos casi acabado en la operación 7ª anterior, dejando que todo vaya a su sitio según las medidas que necesitemos.



op80
conformar

Figura 49. Operación Op80

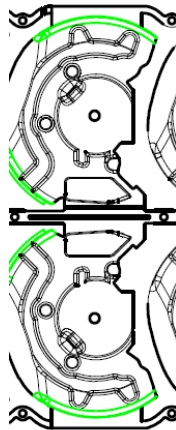
- ➔ Libre (operación 9ª): Se deja otra operación en libre como la 4ª y la 6ª para curarnos en salud por si tuviéramos el caso que tenemos problemas en algún punto de la pieza que no llegara a conformarse bien, con esta operación de “reserva” podríamos solventar el problema añadiendo el paso necesario.



op90
libre

Figura 50. Operación Op90

- Doblar (operación 10ª): En esta operación tal como vemos en la imagen doblamos la parte exterior de la pieza que nos faltaba por dar forma.

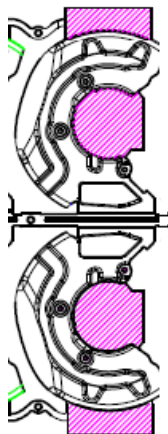


op100

doblar

Figura 51. Operación Op100

- Cortar y punzonar (operación 11ª): En esta operación y una vez hecha todas las operaciones de conformado de estampar y doblar, donde pisábamos material “sobrante” y al estamparlo se ha estirado llevándose parte de este, ya podemos cortar el sobrante que ha quedado, en esta operación cortaremos el material del interior de la pieza y del exterior. Además hacemos el punzonado de los agujeros que nuestro deflector lleva donde irán los pernos donde irá fijada la pieza.

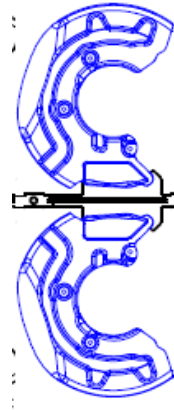


op110

cortar

Figura 52. Operación Op110

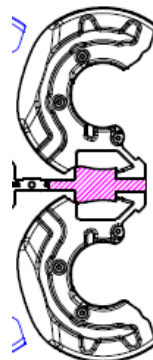
- Conformar (operación 12ª): Acabamos de conformar con los punzones con la forma exacta de la pieza acabada, los trazos definitivos del deflector tanto de la zona exterior como la interior una vez hemos cortado el material sobrante. Además nos deshacemos del “gusanillo” de material por el que uníamos las piezas en la parte exterior para que fuera mejor guiada.



op120
conformar

Figura 53. Operación Op120

- Separar (operación 13ª): En este paso separamos los dos deflectores mano izq. y mano dcha. ya que recordemos que durante todo el proceso hemos ido conformando las dos manos a la vez y a la vez separamos las piezas de su fleje por donde ha ido guiada durante todo el proceso, dejando de esta manera que caigan al contenedor de almacenaje de piezas.



op130
separar

Figura 54. Operación Op130

Nuestro proceso de estampación para conformar el deflector de disco de frenos se compone de un *progresivo de 13operaciones a 2piezas/golpe* de un *ancho de formato de 623 ancho y un paso de 220mm paso*.

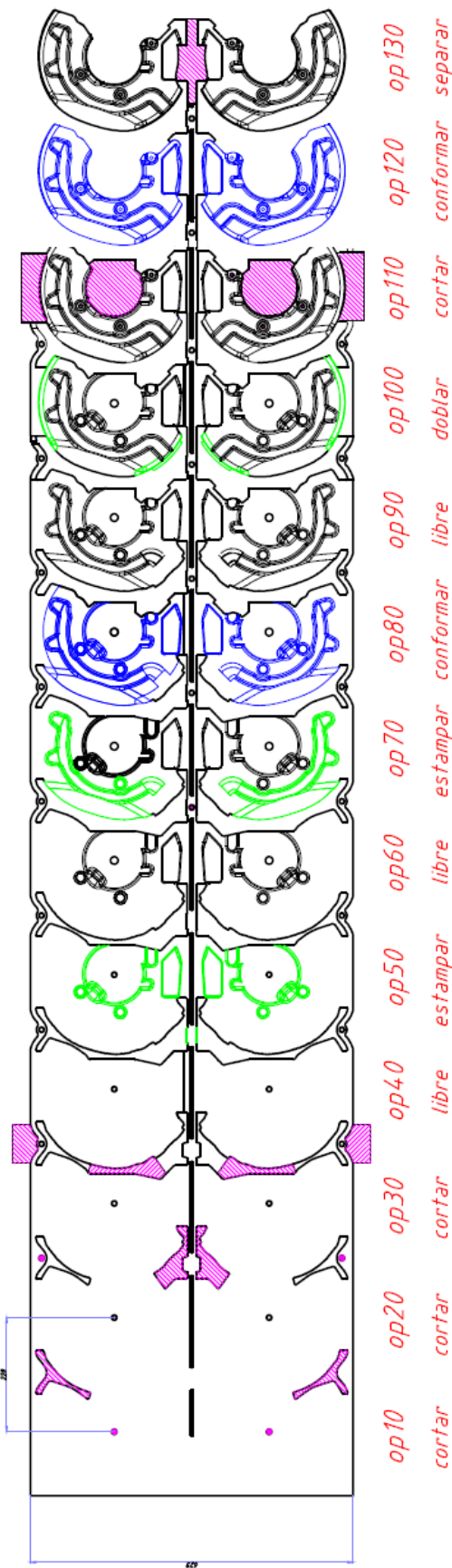


Figura 55. Proceso de estampación diseñado

6.8 Dimensiones troquel progresivo para nuestro deflector de disco de frenos

En este punto del estudio de la conformación de nuestro deflector de disco de frenos sabemos ya muchos datos.

Sabiendo que nuestro troquel es progresivo, también sabemos la medida de formato de la banda que produciremos que además será a 2 piezas/golpe y que el proceso necesario para conformar el deflector de discos de frenos se compone de 13 operaciones, vamos a estudiar que dimensiones tendrá nuestro troquel/matriz progresivo para la fabricación de nuestra pieza.

Para saberlo cogeremos los datos necesarios que ya tenemos y aplicaremos una formulación que será la siguiente:

$$\text{Ancho Troquel} = \text{Ancho banda} + \text{Distancia seguridad}$$

Siendo:

Ancho banda: La medida resultante del estudio del formato de banda en cuanto a su ancho.

Distancia seguridad: Medida que dejaremos tanto en el lado izquierdo como en el lado derecho del extremo de la banda al extremo del troquel
Por lo tanto:

En nuestro caso obtenemos los siguientes datos,

Ancho banda: 623mm

Distancia seguridad: 200 lado izquierdo + 200mm lado derecho.

La fórmula queda tal que así:

Ancho Troquel = 623mm + 400mm

Ancho Troquel = 1023mm

$$\text{Paso Troquel} = \text{Paso banda} * \text{Nº operaciones} + \text{Distancia seguridad}$$

Siendo:

Paso banda: La medida resultante del estudio del formato de banda en cuanto a su paso.

Nº operaciones: Operaciones necesarias que salen del estudio anterior para conformar el deflector de disco de frenos.

Distancia seguridad: Medida que dejaremos tanto en el lado izquierdo como en el lado derecho del extremo de la banda al extremo del troquel

Por lo tanto:

En nuestro caso obtenemos los siguientes datos,

Paso banda: 220mm

Nº operaciones: 13

Distancia de seguridad: 200 lado izquierdo + 200 lado derecho.

La fórmula queda tal que así:

Paso Troquel = $220\text{mm} \cdot 13 + 400\text{mm}$

Paso Troquel = *3260mm*

Por lo que las dimensiones de nuestro troquel/matriz finales serán de *1023 ancho x 3260mm paso*.

6.9 Conclusiones

Una vez terminado el estudio del troquel para la conformación del deflector, hemos obtenido una serie de datos fundamentales y que serán nuestra columna vertebral para diseñar nuestra matriz. Como primer dato sacado sabemos que la medida del desarrollo de la pieza hace *301,92 x 230,66mm*. También sabemos que fabricaremos a dos piezas golpe por lo tanto la banda la hemos diseñado partiendo de esta premisa junto con la medida del desarrollo de la pieza, el formato de la banda nos hace *623 ancho x 220mm paso*. Una vez sabemos el formato de la banda podemos sacar el tonelaje necesario que nos hará falta para conformar la pieza, que según las formulaciones realizadas necesitaremos un mínimo de *125Tn de fuerza* de prensa para estampar, dato muy importante cuando elijamos la prensa para nuestra producción. El aprovechamiento de banda que tenemos es del *40,81%*, que tiramos menos de

la mitad del retal de la banda.

Por las dimensiones que tenemos de banda y por la geometría que tenemos de pieza, la mejor velocidad que sale respecto a nuestro caso es de *1400 golpes/hora*. Para el proceso de nuestro deflector hemos estudiado un proceso *progresivo de 13 operaciones* en las cuales en su apartado correspondiente estudiamos una a una cada operación. Para acabar con el estudio las dimensiones que nos han salido de nuestra matriz según las fórmulas aplicadas son de una matriz de *1023 ancho x 3260mm paso*.

CAPÍTULO 7:

SELECCIÓN DE PRENSA

7. Selección de prensa

7.1 Introducción a las prensas de estampación

La prensa es la máquina que se utiliza para la producción del conformado de chapa en frío, obteniendo el nombre a esta técnica de estampado o troquelación de piezas de chapa.

La prensa es una máquina que consigue la energía a través de un volante de inercia y la transmite o mecánicamente o hidráulicamente a un troquel o matriz mediante un sistema de biela-manivela.

Las velocidades de trabajo generan tres grupos de prensas:

Prensas convencionales: de 12 a 200 golpes minuto (720 a 12.000 g/h) en función de su tamaño

Prensas rápidas: de 300 a 700 golpes por minuto (18.000 a 42.000 g/h)

Prensas de alta velocidad: de 800 hasta 1600 golpes por minuto (48.000 a 96.000 g/h)

Las prensas según el sistema de transmisión de energía se clasifican en dos grupos:

Prensas mecánicas: Son las más veloces en su funcionamiento y las que son más accesibles en cuanto a precio, son las que más se utilizan normalmente.



Figura 56. Prensa mecánica

Las prensas hidráulicas: son accionadas por la presión de aire o líquido. Estas son más lentas pero tienen como ventaja la flexibilidad y características de su recorrido con diversos parámetros a regular.



Figura 57. Prensa hidráulica

7.2 Puntos a tener en cuenta en la selección de prensa

Concepción básica: mecánica o hidráulica.

Fuerza.

Sistema de accionamiento impulsor: manual, mecánico-eléctrico, fluido.

Sistema de transmisión y de impulso del cabezal: cigüeñal, rueda, émbolo, etc.

Fisionomía de la bancada: columnas, cuello de cisne, montante, arcada, etc.

Número de efectos: simple, doble, triple.

Número de puntos de impulso: uno, dos, tres, cuatro, ...

Impulsión: a volante directo o reducido.

Movimiento del cabezal.

Medida de la prensa.

Cadencia.

Disposición del eje cigüeñal: longitudinal, transversal.

Bien es cierto que no todos nos serán de importancia, por lo que en nuestra selección sólo nos centraremos en aquellos puntos que realmente nos interesen por nuestro proceso.

7.3 Prensa seleccionada para la producción

Para nuestro deflector hemos estudiado que lo haremos en un proceso progresivo, por lo que necesitamos una prensa para este tipo de proceso.

Para la elección de la prensa según nuestro proceso nos centramos en unos puntos concretos que consideramos importantes:

Tipo de estampación: Progresivo.

Cadencia: La velocidad del ciclo de prensado que necesitamos es de 1400 golpes/hora.

Fuerza: El tonelaje que necesitamos para conformar nuestro deflector es de 150,60Tn.

Medida de la prensa: 1023 ancho x 3260mm paso.

Entre las empresas de fabricación de prensas, nos fijamos en la empresa ARISA, empresa Riojana dedicada a la fabricación de prensas desde 1940, suministra equipos de deformación en frío por medio de prensas mecánicas y servoprensas, de altas prestaciones a empresas líderes alrededor de todo el mundo, están dedicados tanto al diseño, la manufactura como el mantenimiento de las prensas y sus accesorios.

Dentro de su catálogo nos decantamos por una prensa para troqueles progresivos de la serie 500:

	ARISA Serie 400 / ARISA Serie 500		
FUERZA (KN)	4.000 - 5.000		
Longitud de mesa (mm)	Anchura de mesa		
1200	1000		
1400	1000 - 1200		
1500-1600			
2000	1200		
2200			
2500	1200		1200
2700			
3000	1200-1400		1200-1400
3500		1400	1400
Número de bielas	1	2	2
Accionamiento	Excéntrica	Excéntrica	Link Drive
Cursos (mm) *	a)Fijo b)25-300	a)Fijo b) 25-250 c) 50-400	a)Fijo b) 100-200 c) 211-300
Velocidad (gpm) **	n=20-60; Opcional 120	n1=20 -60 ; opcional 120 n2=15 -50; opcional 60	n1= 20-60; opcional 120 n2= 15-40; opcional 50
Regulación de carro (mm)	140 Opcional hasta 300	250 Opcional hasta 300	250 Opcional hasta 300
Altura de cierre (mm)	a partir de 400	a partir de 550	a partir de 550

Figura 58. Ficha técnica modelo prensa seleccionada

7.4 Conclusiones

Es difícil hacer cuadrar todas las características necesarias en el proceso con una prensa que las cumpla todas y no nos pasemos de grande ni a su vez nos quedemos cortos.

La ARISA serie 500 seleccionada cumple con los puntos importantes que necesitábamos anteriormente comentados, las medidas de la mesa de la prensa, donde irá alojado nuestro troquel, son de 1400 ancho x 3500mm paso, cuando nuestro troquel hace 1023 ancho x 3260mm paso.

Por lo que el tonelaje de prensado se refiere, llega a los 5000Kn=500Tn, en este aspecto vamos sobrados según nuestra necesidad de fuerza de prensado era de 150Tn.

En cuanto a la velocidad alcanza una velocidad máxima de estampado de 60 golpes/minuto (que son 3600 golpes/hora), cuando la producción de nuestro proceso será de 1.400 golpes/hora.

CAPÍTULO 8:

PRESUPUESTO

8. Presupuesto

8.1 Introducción

En el presupuesto reflejaremos según conocimiento en el mercado de los precios/hora medios de cada apartado los siguientes puntos:

- Parte de Ingeniería, dividido en:

Estudios y análisis

Diseño

- Parte de Compra, dividido en:

Los normalizados

Materiales para mecanización matriz

- Parte de Producción, dividido en:

Mecanización piezas matriz

Tratamientos para las piezas

Montaje piezas
- Parte de Puesta en marcha matriz, dividido en:

Montaje en prensa

Ajuste

Pruebas

8.2 Costes Ingeniería

Concepto	Tiempo (h)	Precio (€/h)	Coste (€/un.)
Estudios y análisis	80	50	4.000
Diseño	320	50	16.000
Coste Total			20.000€

8.3 Costes Compra

Concepto	Proveedor	Cantidad	Coste (€/un.)	Sub-coste total (€)
Pasador cilíndrico Ø12x24	AUXTROL	16	0,08	1,28
Pasador cilíndrico Ø12x90	AUXTROL	14	0,10	1,4
Pasador cilíndrico Ø12x40	AUXTROL	19	0,09	1,71
Pasador cilíndrico Ø14x120	AUXTROL	28	0,11	3,08
Placa guía bronce	AUXTROL	14	50	700
Casquillo CA/AX.01	AUXTROL	8	42	336
Columna C0/AX.01	AUXTROL	8	80	640

Cilindro de gas M-4000-100	NITROGAS	19	100	1900
Tornillo allen DIN912_M20X120	ELDRACHER	28	0,15	4,2
Tornillo allen DIN912_M8X40	ELDRACHER	8	0,13	1,04
Tornillo allen DIN912_M20X70	ELDRACHER	16	0,14	2,24
Tornillo allen DIN912_M8X30	ELDRACHER	40	0,12	4,8
Tornillo allen DIN912_M6X30	ELDRACHER	6	0,11	0,66
Tornillo allen DIN912_M6X16	ELDRACHER	8	0,10	0,8
Cáncamo M20	ELDRACHER	8	16	128
Cáncamo M16	ELDRACHER	8	14	112
Punzón J PU/3000	AUXTROL	3	12	36
Punzón C PU/3000	AUXTROL	2	12	24
Punzón A PU/3000	AUXTROL	2	12	24
** Material mecanización matriz	ACERALIA	0,9€/Kg precio acero 8.650Kg peso neto material necesario		7.785
Coste Total				11.706,21€

** Sabemos que nuestra matriz tiene unas dimensiones de 3.260 largo x 1.023 ancho x 550cm alto y sabemos que la densidad del acero es de 7860kg/m³ con lo que nos sale un peso bruto de 14.417Kg, que si le quitamos un 60% de huecos se quedan en aprox. 8.650Kg de peso neto de la matriz, con lo que sabiendo a cuánto va el precio del acero 0,9€/Kg sacamos el precio del material que necesitamos para la fabricación de la matriz.

8.3 Costes Producción

Concepto	Tiempo (h)	Precio (€/h)	Coste (€/un.)
Mecanizado piezas matriz	60	40	2.400
Tratamiento para las piezas	16	35	560
Montaje piezas	80	35	2.800
Coste Total			5.760€

8.4 Puesta en marcha matriz

Concepto	Tiempo (h)	Precio (€/h)	Coste (€/un.)
Montaje en prensa	2	40	80
Ajustes matriz	14	40	560
Pruebas	6	45	270
Coste Total			910€

8.5 Amortización

Concepto	Coste (€)	Coste final 35% añadido (€)	Ganancia (€)
Coste ingeniería	20.000	27.000	7.000
Coste compra	11.706,21	15.803,38	4.097,17
Coste producción	5.760	7.776	2.016
Coste puesta en marcha matriz	910	1.228,50	318,50
TOTAL PROYECTO MATRIZ	38.376,21	51.807,88	13.431,67

CAPÍTULO 9:

CONCLUSIONES

9. Conclusiones

9.1 Conclusiones sobre el proyecto

El objeto de este proyecto ha sido la del desarrollo de principio a fin del estudio y diseño de una matriz progresiva para la fabricación en serie de una pieza de metal para la automoción, concretamente un deflector de aire del disco de frenos.

Se ha querido sobre todo dar mucha importancia a la primera parte del proyecto donde se desarrolla el estudio, los análisis, las elecciones y justificaciones de cada uno de los puntos necesarios para la creación de la matriz antes de empezar con el diseño. Esto ha sido por un motivo claro, ya que es sabido que en la realidad las empresas pierden grandes cantidades de dinero con problemas que surgen de improviso por no haber hecho primero una buena fase de ingeniería de estudio y son luego las horas en la búsqueda de soluciones las que hacen que aparezcan un coste extra que no se contemplaba en un principio repercutiendo esto a ser más caros, no ser competitivos y perder prestigio algo que cuesta mucho de ganar, ya que no hay mejor manera de empezar un buen desarrollo que por los cimientos del proyecto.

En el proyecto se aporta como documentación:

- La memoria donde dentro se incluye el desarrollo y el presupuesto.
- Planos.

- Anexos.
- Resumen proyecto
- Ficha interactiva pieza (como extra)
- Maqueta pieza impresión 3D (como extra)

9.2 Valoración personal

Una vez acabado y concluido el proyecto te das cuenta que de importante tiene cada uno de los puntos a seguir para conseguir la meta, de ellos depende el resultado que el resultado final sea más o menos favorable.

Estoy satisfecho con el proyecto hecho, pero seguramente si ahora volviera a repetir el proyecto en algunos puntos concretos tomaría otros caminos con la intención de ser lo más claro posible con el desarrollo de ese punto, de la misma manera de depender de más tiempo se hubieran profundizado más en algunos puntos pero eso no quita que crea que se han conseguido los objetivos marcados en un inicio del proyecto.

En definitiva me quedo con la experiencia cogida durante estos meses de desarrollo del proyecto que sé que me será útil para mi futuro profesional.

CAPÍTULO 10:

BIBLIOGRAFÍA

10. Bibliografía

En este capítulo se recoge la información sobre la documentación consultada durante el desarrollo del proyecto.

10.1 Libros de texto

- **FLORIT Antonio.** 2005. Fundamentos de Matricería. Edic. Ceac, Planeta DeAgostini.
- **FLORIT Antonio.** 2008. Tratado de Matricería. Edic. Tecnofisis Global.
- **SHACKELFORD James F.** 2007. Introducción a la ciencia de materiales para ingenieros. Edic. Pearson.
- **MARTINEZ, Arturo y CAMARERO Julián.** 2003. Matrices, Moldes y Utillajes. Edic. Dossat
- **Heinrich Gerling.** “Alrededor de las máquinas - herramientas”, Editorial Reverté. 2ª edición , año 1964

- **Eugene A. Avallone.** “Manual del ingeniero mecánica Marks”, Editorial Mc. Graw Hill. 9ª edición, año 1995

10.2 Páginas web

- URL: <http://www.auxtrol.com/>
- URL: <http://www.nitrogas.com/es/Nitrogas.aspx>
- URL: <http://www.eldrachersl.es/>
- URL: <https://es.wikipedia.org>
- URL: <http://jaimematricero.blogspot.com.es/>
- URL: <http://www.arcelormittal.com>
- URL: <http://www.ascamm.com/es/>
- URL: <http://www.thyssenkruppmaterials-iberica.es/acerosespeciales.html>
- URL: <http://www.elchapista.com/>
- URL: <https://www.youtube.com/>
- URL: <http://www.matriceriaymoldes.es>